



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A Alexa, Axel, María y Valentina

A Mauricio

A Abraham

Agradecimientos

La realización de este trabajo implicó varios años de trabajo arduo que solo prosperó gracias al apoyo incondicional de muchas personas, a quienes quiero agradecer en este lugar.

A la Dra. Atocha Aliseda, por confiar en mí y en este proyecto desde el inicio y hasta su consecución. Por las atentas lecturas y el intercambio de ideas alrededor del mismo, y por su apoyo en mi carrera académica en general.

Al Dr. Alejandro Herrera, por su atenta lectura de mi investigación durante todo el proceso de doctorado, y por su ayuda constante a lo largo de estos años.

Al Dr. Luis Xavier López Farjeat, por su lectura, comentarios y apoyo para la realización de esta tesis, y por su guía, acompañamiento y enseñanzas a lo largo de toda mi carrera académica.

A la Dra. Ana Laura Fonseca, por su cuidadosa lectura de mi trabajo, y por todos los años que llevamos compartiendo intereses y preocupaciones académicas.

Al Dr. Rafael Pérez y Pérez, por su valiosa colaboración y motivación en la etapa final de la realización de esta tesis.

Al Dr. David Ezequiel Téllez Maqueo, por su apoyo en la revisión de los textos griegos de esta tesis.

A los que me han acompañado en el camino académico desde el inicio de mi formación, especialmente a Rosario Silva, José Alberto Ross Hernández, Rocío Mier y Terán, Virginia Aspe Armella, Vicente de Haro Romo, Héctor Zagal Arreguín, José Luis Rivera Noriega, María Elena García Peláez Cruz y Héctor Velázquez Fernández.

A los profesores y amigos del ámbito académico que he ido encontrando en el camino, y que me han apoyado en otros procesos de mi desarrollo académico, especialmente a Sergio Martínez, Jonatan García, Huang Xiang, José Alfredo Amor (†), Cristian Gutiérrez, Esperanza Rodríguez, Juan Manuel Campos, César López, Adriana Renero, Jorge Medina, José Martín Castro, Mari Carmen Roa, María José Urteaga, Jesús Jasso, Ariel Campirán, Raymundo Morado y Shahid Rahman.

A todos los estudiantes y compañeros de aula, con quienes he compartido tiempo e inquietudes; las preguntas y conversaciones en ámbitos de estudio y olimpiadas de lógica, han hecho que mi amor por esta disciplina se fortalezca a lo largo de los años.

A María por ser el principal motor de la vida y la perfecta definición de mutuo amor incondicional.

A Mauricio por ser el mejor compañero siempre, motivarme, quererme y apoyarme en todo momento.

A Rocío, Abraham (†), Cuquita, Alejandro, Mónica, Dalia, Carlos, David, Daniel, Adriana, Axel y Alexa, por ser la mejor familia de origen que pude tener.

A los primos González, por la fuerza y el apoyo profundo que solo puede venir desde esa raíz: Leo, Abraham, Grace, Emiliana, Miriam, Gaby, Ricardo, Ulises, Carlos, Hugo, León (†), Armando y Verónica.

A Blanca por ser la más amorosa tía de María, y a Servando por ser el abuelo incondicional. Gracias por su ayuda en las etapas finales de la realización de este trabajo.

A mis amigos de la Maestría: Ana Laura, Jacobo, Pavel, Renato, Fabiola, Mauricio, Octavio, Engracia, Adrián, Antonio, David y Luis, especialmente a los que seguimos perseverando en reunirnos.

A los amigos imprescindibles, de toda la vida: Beatriz, Guadalupe, Aide, Erika, Kenji, Emmanuel, Kattia y Sandra. Gracias por acompañarme a lo largo de todos estos años.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN GENERAL

0.1. Algunas consideraciones sobre la Lógica	13
0.2. Algunas consideraciones sobre la heurística.....	17
0.3. Relaciones entre Lógica y heurística e itinerario de la tesis	20
0.4. Contribuciones de esta investigación e interdisciplina	31

CAPÍTULO 1. LÓGICA Y HEURÍSTICA EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

Introducción	35
1.1. ¿Qué es la heurística?.....	36
1.2. Análisis y síntesis en la metodología de la geometría griega	38
1.2.1. Los métodos de análisis y síntesis en Pappus.....	39
1.2.2. El carácter heurístico del análisis geométrico	40
1.2.3. Conclusiones sobre la heurística en la geometría.....	48
1.3. La distinción entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación	49
1.3.1 ¿A qué se refiere la distinción entre contextos?	51
1.3.2. ¿Es posible estudiar el “descubrimiento” en Filosofía de la Ciencia?	55
1.3.2.1. Las “lógicas del descubrimiento”	57
1.3.2.2. Las “metodologías del descubrimiento”	59
1.3.3. Problemas de la distinción entre lógica y metodología del descubrimiento	61
1. 3.3.1. a. La abducción en el pensamiento de Charles Sanders Peirce	61
1.3.3.1.b. Las heurísticas en la propuesta metodológica de Lakatos.....	64
1.3.3.2. Elementos “lógicos” en las propuestas heurísticas de Psicología Cognitiva y Ciencias Computacionales	66
1.4. Conclusiones y problemas por resolver	67

CAPÍTULO 2. HEURÍSTICA Y LÓGICA EN PSICOLOGÍA COGNITIVA

Introducción.....	71
2.1. El modelo estándar de la racionalidad.....	72
2.1.1. Resultados experimentales contra el modelo estándar de la racionalidad.....	72
2.2. Heurística en Psicología Cognitiva.....	76
2.3. La propuesta “heurística y sesgo” de Kahneman y Tversky.....	77
2.3.1. Sistema 1 y Sistema 2: Intuición <i>vs.</i> Razonamiento.....	78
2.3.2. Accesibilidad y juicios heurísticos.....	80
2.3.3. Relaciones entre Lógica y heurística en el proyecto “heurística y sesgo”.....	84
2.4. La propuesta de “racionalidad ecológica” de Gigerenzer y el grupo ABC.....	88
2.4.1. La noción de heurística en la propuesta de “racionalidad ecológica”.....	90
2.4.2. La caja de herramientas adaptativa.....	92
2.4.3. Racionalidad ecológica.....	94
2.4.3.1. La estrategia heurística “toma-lo-mejor” (<i>take-the-best</i>).....	98
2.4.4. Crítica de Gigerenzer. et. al. al proyecto de “heurística y sesgo”.....	100
2. 5. Diferencias y semejanzas entre las propuestas de “heurística y sesgo” y de “racionalidad ecológica”.....	100
2.6. Conclusiones generales sobre la noción de heurística en Psicología Cognitiva y su relación con las problemáticas de Filosofía de la Ciencia.....	104

CAPÍTULO 3. LAS HEURÍSTICAS EN LAS CIENCIAS COMPUTACIONALES

Introducción.....	109
3.1. Elementos de un sistema en Inteligencia Artificial.....	113
3.1.1. Problemas y espacios de búsquedas.....	114
3.1.2. El problema del viajero de negocios.....	117
3.1.3. Estrategias de búsqueda: búsqueda ciega <i>vs.</i> búsqueda selectiva.....	120
3.2. Las “heurísticas” en IA.....	123

3.2.1. "Heurística" en IA.....	124
3.2.2. Cuatro caracterizaciones de significado del término "heurística"	128
3.3. Relaciones posibles entre las cuatro caracterizaciones de la "heurística"	137
3.4. Conclusiones	142

CAPÍTULO 4. DESCUBRIMIENTO, LÓGICA Y HEURÍSTICA.

LA PROPUESTA DE HERBERT SIMON, ET. AL.

Introducción.....	145
4.1. Los programas GLAUBER y BACON desarrollados por Simon, et. al.	147
4. 2. ¿Por qué es posible hablar de una "lógica del descubrimiento" según Simon, et.al.?.....	150
4.2.1. La Lógica como reconocimiento de patrones.....	150
4.2.2. Analogía entre Lógica y búsqueda heurística.....	155
4.2.3. La "lógica del descubrimiento" en la propuesta de Simon y Zytkow.....	157
4.3. Una propuesta normativa para el descubrimiento	159
4.3.1. Las normas "MUST", "MAY" y "SHOULD"	159
4.3.2. Un paradigma de búsqueda para una teoría normativa del descubrimiento	162
4.3.3. La solución de Simon y Zytkow al problema de la distinción entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación.....	164
4.4. Las cuatro caracterizaciones de la heurística en la propuesta de Simon, et. al.	165
4.5. Conclusiones.....	166

CAPÍTULO 5. RELACIONES ENTRE LÓGICA Y HEURÍSTICA

Introducción.....	169
5.1. Una caracterización de las "heurísticas"	169
5.1.1. Las heurísticas como procesos, reglas, estrategias o guías de razonamiento.	170

5.1.2. Heurísticas bajo condiciones de incertidumbre, falibilidad y falta de conocimiento	173
5.1.3. Heurísticas para economizar recursos o buscar eficiencia	174
5. 2. Problemas que se evitan con esta noción de “heurística”	175
5.3. Una caracterización de la Lógica.....	176
5.3.1. La Lógica como inferencia + control.....	178
5.4. Valoración final de las principales propuestas analizadas en esta investigación	182
5.4.1. Lógica y heurística en Filosofía de la Ciencia	183
5.4.2. Lógica y “heurística” en Psicología Cognitiva.....	184
5.4.2.1. Kahneman y Tversky	185
5.4.2.2. Gigerenzer y el grupo ABC.....	186
5.4.3. Lógica y heurística en Ciencias Computacionales	189
5.4.3.1. La noción de “heurística” de Romanycia y Pelletier.....	190
5.4.3.1.1. Algoritmos vs. heurísticas en Filosofía de la Ciencia y Psicología Cognitiva	191
5.4.3.1.2. Heurísticas desarrolladas por un conocimiento incompleto en Filosofía de la Ciencia y Psicología Cognitiva	193
5.4.3.1.3. Las heurísticas como mejoradores de procesos en Filosofía de la Ciencia y Psicología Cognitiva	194
5.4.3.1.4. Las heurísticas como guías para tomar decisiones en Filosofía de la Ciencia y Psicología Cognitiva	195
5.4.4. Lógica y heurística en el diálogo interdisciplinario	196
CONCLUSIONES GENERALES	199
BIBLIOGRAFÍA	205

INTRODUCCIÓN GENERAL

“Lógica” y “heurística” son términos con una larga historia: “lógica” proviene del vocablo griego *logos* que cuenta entre sus traducciones a los términos pensar, discurso o palabra (cfr. Meyer y Steintal, 1993, p. 70) mientras que el término “heurística” es un derivado del verbo griego *heurisko*, el cual se refiere a encontrar, inventar, hallar o descubrir (cfr. Meyer y Steintal, 1993, p. 57). Aunque estos términos han dado lugar a teorías y desarrollos independientes entre sí, hay ciertas discusiones científicas y filosóficas en las que ambos términos son relevantes y en las que tanto la Lógica como las heurísticas se han ofrecido como respuestas a problemas en común. Dado que la presente investigación se ocupa principalmente de problemáticas relacionadas con estas dos nociones, en esta introducción presentaré, en primer lugar, algunas consideraciones sobre cada una de ellas, para ofrecer el contexto teórico de este trabajo y aclarar algunas cuestiones técnicas relacionadas con la manera en que usaré los términos “lógica” y “heurística” a lo largo de la tesis. En segundo lugar, presentaré cuáles son las problemáticas específicas que abordaré en esta investigación.

0.1. Algunas consideraciones sobre la Lógica

La disciplina filosófica conocida como *Lógica* tiene una larga historia. En Occidente, sus orígenes suelen situarse en las obras aristotélicas agrupadas bajo el nombre de *Organon* (Aristóteles, 1982, 1988), aunque se encuentran importantes antecedentes de la misma en los trabajos de algunos filósofos presocráticos y Platón.¹ Desde entonces (siglo IV a.C.), la Lógica ha dado lugar a una gran cantidad de textos,

¹ Para ver una discusión sobre los antecedentes de la lógica aristotélica, y la consideración de Aristóteles como el padre de la Lógica, sugiero consultar Vega, 1983.

estudios y propuestas diversas, y al día de hoy, en pleno siglo XXI d.C., sigue siendo una rama acreditada de la Filosofía occidental, dentro de la cual se estudian cuestiones relacionadas, en general, con los argumentos y la argumentación, aunque desde muy diferentes perspectivas.²

Si bien la historia de la Lógica se remonta a la figura de Aristóteles, otro momento fundamental del desarrollo de esta disciplina se dio desde mediados del siglo XIX y en la primera mitad del siglo XX de nuestra era, cuando algunos matemáticos y filósofos revitalizaron esta disciplina.³

A partir de este momento, se suelen dividir las aproximaciones a la Lógica, de manera muy general, en dos grandes grupos: a) la llamada “lógica formal” que abarca a los sistemas que se desarrollan usando lenguajes simbólicos artificiales bien establecidos y reglas para operar con estos lenguajes y b) la llamada “lógica informal” que se encarga de estudiar a la argumentación considerando los contextos en los que se presenta en la vida cotidiana y sin usar necesariamente lenguajes simbólicos artificiales (cfr. Groarke, 2019). La presente investigación, se centra, principalmente, en problemáticas relacionadas con el área de la lógica formal, aunque como veremos, algunos de los problemas tratados en esta investigación trascenderán esta disciplina.

Entre los matemáticos y filósofos que contribuyeron a la renovación de la Lógica en el siglo XX se encuentran Boole, Frege, Russell y Whitehead (aunque hay

² Para una discusión general sobre qué es la Lógica, cuál es su objeto de estudio y las discusiones filosóficas sobre ella, se puede consultar Haack, 1982.

³ Una introducción a la historia de la lógica formal se puede consultar en Bochenski, 1967, y específicamente sobre la historia de la lógica formal en el siglo XX puede consultarse Irvin, 1996.

muchos más). Las aportaciones de estos pensadores se caracterizaron por vincular de manera sistemática a la Lógica con las Matemáticas y generar los sistemas formales, conocidos posteriormente como cálculo proposicional y cálculo de predicados, actualmente llamados de manera común “lógica clásica”.

Explicaré algunas cuestiones generales sobre los sistemas de lógica clásica basándome en el cálculo proposicional. Este sistema tiene a la proposición (oración declarativa) como unidad básica, por lo cual, cada proposición se representa con una letra, y a cada proposición puede asignársele el valor de verdadera o falsa.⁴ Las proposiciones se unen entre sí mediante conectivos u operadores lógicos, dando lugar a las fórmulas compuestas, de modo que los valores de verdad de las fórmulas compuestas dependen del valor de verdad de las fórmulas simples. Los conectivos de la lógica clásica son la negación, la disyunción inclusiva, la conjunción, el condicional material y el bicondicional material. En la interpretación que refiere a valores de verdad cada uno de estos conectivos cuenta con su propia definición en términos veritativo-funcionales. En este sistema se dice que una fórmula se sigue de otra(s) (o es consecuencia lógica de otra(s)), cuando no es posible que la fórmula sea falsa y la(s) fórmula(s) de las que se sigue sean verdaderas.⁵

Los sistemas de lógica clásica cuentan, entre otras, con las siguientes propiedades:

⁴ En Filosofía es común hablar de asignaciones de valores de verdad, pero pueden darse también otras interpretaciones de estos valores. En Computación, por ejemplo, es común hablar de asignaciones de “unos” y “ceros”. En la siguiente parte de la presentación de este sistema, todos los términos “verdadero” y “falso” que aparezcan podrían sustituirse por “uno” y “cero” respectivamente.

⁵⁵ Hay múltiples lugares donde se presentan los sistemas de lógica clásica. Veáse, por ejemplo, Gamut, 1991.

- a) Son sistemas bivalentes (solo hay dos posibles valores de verdad o, en general, dos posibles valores) para cada fórmula.
- b) Cumplen la propiedad de monotonía: si un conjunto de premisas genera una conclusión, agregar premisas seguirá generando la misma conclusión.

Además, cumplen los siguientes principios:

- a) Principio del tercero excluido: la disyunción de una fórmula y su negación es siempre verdadera.
- b) Principio de no contradicción: la negación de la conjunción de una fórmula y su negación es siempre verdadera.
- c) Principio de explosión: cualquier fórmula es una consecuencia válida de una contradicción (una fórmula que es siempre falsa).

Los sistemas de lógica clásica han sido uno de los paradigmas más importantes de lo que se ha entendido por Lógica desde el siglo XX, pero poco después de su aparición surgieron también sistemas que no contaban con algunas de las propiedades o no cumplían con alguno de los principios que estos sistemas sí cumplían. A los sistemas que difieren en alguno de estos elementos se les conoce, en general, como sistemas “no-clásicos”, y actualmente se han desarrollado de manera sistemática varios de ellos: al día de hoy contamos con lógicas polivalentes, no-monotónicas, intuicionistas o paraconsistentes, por citar solo algunas.⁶

La diversidad de sistemas lógicos formales que apareció desde la segunda mitad del siglo XX generó problemas en el área de Filosofía de la lógica como los siguientes: ¿qué es la Lógica?, es decir, ¿cuál es propiamente su objeto de estudio?;

⁶ Para profundizar en el desarrollo de las lógicas no clásicas se pueden consultar Gabbay, 1994 y Priest, 2008.

¿hay una lógica o muchas “lógicas”?; ¿qué características debe cumplir un sistema formal para poder ser considerado “lógico”?; y ¿cuáles son las implicaciones de la multiplicidad de este tipo de sistemas para otros problemas científicos y filosóficos?⁷

Esta investigación no se ocupa directamente de estos problemas, pero ellos forman parte del contexto en el que se inserta este trabajo, pues mi aproximación previa a problemáticas de la Filosofía de la lógica tuvo que ver con ellos y por eso he comenzado esta introducción refiriéndome a los mismos. Sin embargo, al momento de ahondar en estas problemáticas, la noción de “heurística” aparecía en diversos lugares de manera relevante, por lo que finalmente decidí concentrarme en proponer una reflexión y discusión acerca de las relaciones existentes entre ambas nociones: Lógica y heurística. Esto me lleva al segundo término principal involucrado en esta investigación.

0.2. Algunas consideraciones sobre la heurística

Al igual que el término “lógica”, el término “heurística” cuenta con una larga historia, la cual está asociada, además, a diversas disciplinas.⁸ Esto genera problemáticas con respecto al significado de esta palabra, y una parte muy importante del objetivo de esta investigación será discutir las diferentes caracterizaciones del término “heurística” en diferentes disciplinas, para tratar de resolver algunos problemas que serán presentados más adelante. En consecuencia, por el momento solo ofreceré una aproximación provisional sobre lo que se suele entender por esta noción.

⁷ Para una discusión sobre estos problemas, véase Gabbay, 1994 y Manzano, 2004.

⁸ Para conocer más sobre el desarrollo histórico de las heurísticas véase Groner, et. al., 1983; Novo, et. al., 2003 y Menna, 2014.

Las “heurísticas” se entienden como procesos, estrategias, reglas o guías de razonamiento que,

- a) pueden ayudar a hacer algún tipo de descubrimiento,
- b) se vinculan con procesos de creatividad en general,
- c) se usan cuando falta información para enfrentar un problema,
- d) se usan cuando se omite información deliberadamente (punto que se relaciona con el siguiente),
- e) se usan cuando hay necesidad de economizar recursos, por ejemplo, si hay que resolver un problema rápidamente y analizar toda la información requeriría mucho tiempo, usamos “heurísticas” para reducir la información, y proponer una solución al problema en poco tiempo. La noción de “economizar recursos” puede referirse al espacio de memoria en una computadora o al tiempo que tomaría realizar una serie de pasos, entre otros.
- f) Finalmente, dadas las características mencionadas, las “heurísticas” suelen estar asociadas a procesos con factores de incertidumbre y ser falibles, es decir, no pueden garantizarnos que resolveremos los problemas que enfrentamos mediante ellas.

Esta caracterización preliminar que ofrezco de las heurísticas toma elementos de la manera en que aparece esta noción en propuestas de la Filosofía, la Psicología Cognitiva y las Ciencias Computacionales, en particular, desde el área de la Inteligencia Artificial. Como se puede apreciar, hay en esta caracterización demasiados elementos y parte de la dificultad de comprender adecuadamente a esta noción se relaciona con esta multiplicidad de factores a considerar. Parte del objetivo de esta investigación es analizar con profundidad algunos de los elementos

mencionados en esta caracterización, desde la disciplina en la que aparecen, para posteriormente ofrecer una noción de “heurística” que sea fructífera para resolver algunos problemas de cada disciplina y que pueda entrar en diálogo con las otras áreas que utilizan esta noción.

Desde la Antigüedad, el término heurística se usaba para referirse por un lado a procesos de razonamiento asociados la búsqueda de la solución de problemas, por ejemplo; y por otro, para referirse a procesos que pudieran considerarse parte de las ciencias. Como veremos en el capítulo 1, la distinción entre los métodos de “análisis” y “síntesis”, propuestos para hacer Geometría, puede verse como uno de los primeros intentos por incluir a las heurísticas en la metodología científica.

Posteriormente, la noción de heurística aparece en diversas discusiones metodológicas del área de la Filosofía que atraviesan la Edad Media y los siglos correspondientes a la Modernidad. Entre los pensadores que, desde esta perspectiva, se refirieron a esta noción o la usaron en sus reflexiones se encuentran Descartes y Leibniz (cfr. Groner, M., et. al., 1983, pp. 5-8 y Menna, 2014, pp. 68-69).

Con la aparición de las computadoras y el desarrollo de los proyectos de programación en disciplinas como la Inteligencia Artificial, las “heurísticas” tomaron un papel preponderante en las propuestas para resolver problemas y su desarrollo se vincula, en buena medida, al desarrollo de los algoritmos (cfr. Groner, M., et. al., 1983, pp. 5-11, 15-16). La relación entre algoritmos y heurísticas es uno de los temas relevantes de esta investigación y aparecerá en el capítulo 3.

Finalmente, la tercera disciplina en donde la noción de heurística aparece de manera relevante es en la Psicología Cognitiva (cfr. Groner, M., et. al., 1983, pp. 11-15). Como veremos con profundidad en el capítulo 2, entre los psicólogos que

buscan ofrecer teorías sobre razonamiento y racionalidad, algunas de las propuestas incluyen a la noción de heurística como un elemento fundamental.

En este trabajo discutiré algunas de las principales propuestas vinculadas con la heurística en las tres disciplinas ya mencionadas, pero no estudiaré todas las posiciones que existen con respecto a éstas. En particular, no discutiré la aparición de esta noción en las propuestas de la Modernidad, y no profundizaré en las propuestas que consideran que las heurísticas no pueden ser abordadas de manera metodológica, sistemática o formal (mi reflexión se relacionará tangencialmente con algunas de estas últimas posturas, pero no las estudiaré de manera directa). Tampoco abordaré la relación de las heurísticas con la creatividad.

Una vez dado el contexto sobre Lógica y heurística, presentaré cuáles son los hilos conductores de esta investigación en la siguiente sección.

0.3. Relaciones entre Lógica y heurística e itinerario de la tesis

Antes de continuar, es importante señalar que, a lo largo de toda la tesis, cuando me refiera a la “lógica” con minúscula me estaré refiriendo a algún sistema lógico formal particular y en el caso de que no se hagan más aclaraciones, me estaré refiriendo a la lógica clásica de primer orden; en cambio, cuando use el término “Lógica” con mayúscula, me estaré refiriendo a la disciplina general. De manera similar, reservaré los términos “heurística” y “heurísticas”, con minúsculas, para referirme a estrategias o procesos de razonamiento particulares; en cambio, cuando se hable de la posibilidad de plantear una ciencia general de las heurísticas, me referiré a ella como “Heurística”, con mayúscula.

En este trabajo, analizaré las relaciones entre Lógica y heurística a partir de las siguientes problemáticas generales:

a) En la primera mitad del siglo XX surgió en Filosofía de la ciencia una discusión que se refiere a la posibilidad de distinguir dos momentos en los procesos científicos: el primero vinculado con el descubrimiento de nuevas teorías o explicaciones de los fenómenos y el segundo vinculado con poder dar pruebas de esas teorías. Al primer momento se le llamó “contexto de descubrimiento” y al segundo “contexto de justificación” (cfr. Reichenbach, 1938). Ha habido muchas discusiones sobre si esta distinción es precisa y adecuada para caracterizar distintos momentos de la metodología científica⁹ (cfr. Nickles, 1980 y Shickore, 2018). Como parte de las conclusiones de esta investigación mostraré en qué sentido puede ser pertinente seguir sosteniendo esta distinción y en qué sentido no lo es. Mostraré que la noción de “heurística” que la Filosofía adoptó en un primer momento, contribuyó a generar propuestas vagas o ambiguas sobre este tema y defenderé que la aproximación del área computacional que propone relacionar “Lógica” y “heurística” en términos complementarios y colaborativos es mejor para enfrentar esta problemática que surgió en el seno de la Filosofía.

Para efectos de cómo retomaré este punto en las conclusiones generales, lo resumo en las siguientes preguntas: ¿En qué medida la Lógica y las teorías sobre razonamiento heurístico pueden contribuir a la discusión sobre el quehacer científico en general, y sobre el problema de la distinción de contextos de descubrimiento y justificación en particular?

b) Un problema tradicional en la Filosofía, la Psicología y otras disciplinas relacionadas es el de qué es la “racionalidad” y cómo puede caracterizarse adecuadamente en términos científicos y filosóficos. Con respecto a esta

⁹ Estas discusiones se presentan en el capítulo 1, sección 1.3.1.

problemática se presentan tres tipos diferentes de propuestas. Las propuestas descriptivas tratan de “mostrar cómo razonan de hecho las personas y tratan de encontrar los mecanismos psicológicos y los procesos que subyacen a los patrones de razonamiento observado” (Samuels, Stich y Faucher, 2004, p. 1). Los proyectos normativos tratan de investigar cómo deberían razonar las personas: “la meta es descubrir reglas o principios que especifiquen qué es razonar correcta o racionalmente – especificar estándares respecto a los cuales se pueda medir la calidad del razonamiento humano” (Samuels, Stich y Faucher, 2004, p. 1). Por último, los proyectos evaluativos “tratan de determinar hasta qué punto el razonamiento humano está en concordancia con los estándares normativos apropiados” (Samuels, Stich y Faucher, 2004, p. 1). Aunque estos autores presentan esta posibilidad de proyectos pensando en teorías de la racionalidad, se puede extender esta clasificación a la Lógica en general y a la posibilidad de ofrecer proyectos de metodología científica.

Como parte de las conclusiones de esta investigación ofreceré una respuesta a las siguientes preguntas: ¿en qué medida la Lógica considerada como disciplina general y las teorías sobre razonamiento heurístico pueden entenderse como propuestas, ya sea normativas, descriptivas o evaluativas, para hablar de “buen razonamiento” o de racionalidad? ¿Cuál es la aportación de los trabajos de Inteligencia Artificial a esta discusión? ¿De qué manera contribuyen los trabajos interdisciplinarios (como los programas BACON y GLAUBER que emulan procesos de descubrimiento científico) a enfrentar estas problemáticas?

c) ¿Cuáles son las semejanzas y diferencias entre las distintas propuestas que tienen a las heurísticas como noción central? ¿Cómo se relacionan las diferentes nociones de heurística con las propuestas filosóficas sobre metodología científica?

d) ¿Cuáles son las relaciones, semejanzas y diferencias entre las propuestas que toman a la Lógica como criterio de racionalidad y aquellas que consideran que las heurísticas también pueden ofrecer criterios de este tipo?

Abordaré estas problemáticas desde tres disciplinas y un proyecto interdisciplinario, los cuales aparecen en la tesis de la siguiente manera:

Capítulo 1

En este capítulo presentaré las problemáticas desde la Filosofía de la Ciencia, la cual nos ofrece el marco teórico referente a la distinción entre contextos de descubrimiento y de justificación y sus antecedentes. Mostraré cómo las distintas nociones de Lógica y heurística que se encuentran en las discusiones de las disciplinas consideradas en este trabajo se relacionan también con la manera en que se entiende la distinción entre los contextos de descubrimiento y de justificación en Filosofía de la Ciencia y, en consecuencia, con el papel que la Lógica y las heurísticas tienen o pueden tener en la consideración filosófica de la metodología científica.

Mostraré cómo aparece y qué características tiene la noción de “heurística” en las discusiones filosóficas y discutiré cómo esta noción es relevante para enfrentar los siguientes problemas del ámbito filosófico:

1. ¿Cuál es el papel de la Lógica y la heurística en la metodología científica?
2. ¿Es posible hablar de proyectos heurísticos normativos y evaluativos o solo puede hablarse de heurísticas en términos descriptivos?
3. ¿Puede la Lógica generar proyectos normativos o evaluativos para los procesos de “descubrimiento” científico? En este punto será muy relevante plantear la problemática sobre si es posible o no hablar de “lógicas del descubrimiento”. En

términos generales el planteamiento es el siguiente: al distinguir entre el contexto de descubrimiento y el de justificación, se cuestionó, entre otros puntos, cuál es el alcance de la Lógica dentro del contexto de descubrimiento. Hay tres posibilidades: a) que la Lógica no pueda ocuparse de los procesos de descubrimiento, b) que la Lógica sí pueda ocuparse de ellos, a través del desarrollo de sistemas particulares y c) una posición intermedia en la que no se considera que el tratamiento formal del descubrimiento pueda llegar a ser considerado “lógico” en términos rigurosos, pero se considera que sí pueden darse algunas consideraciones metodológicas desde la Filosofía al respecto. Tradicionalmente las heurísticas se han asociado al contexto de descubrimiento, debido a que poseen las características ya descritas de estar asociadas a la búsqueda en contextos de incertidumbre y falibilidad. La idea subyacente a esto es que en el contexto de descubrimiento nos movemos en un terreno “pantanosos”, en el que incluso nuestras mejores hipótesis podrían ser falsas; por todo esto, un problema relacionado con este punto en general es el de cuál es el papel que juegan las heurísticas en las diferentes propuestas de metodología de la ciencia.

Finalmente, apuntaré las líneas que desarrollaré en los siguientes capítulos para ofrecer mi solución a estos problemas.

Capítulo 2

En este capítulo presentaré dos propuestas que, dentro de la Psicología Cognitiva, tienen a la noción de “heurística” como elemento central: la de Kahneman y Tversky (1974) por un lado, y la de Gigerenzer y el grupo ABC (1999) por el otro. Ambas propuestas presentan diferencias importantes: Kahneman y Tversky están a favor de seguir considerando a la lógica clásica como uno de los principales criterios

de racionalidad y dan a las heurísticas una connotación más bien negativa (Tversky y Kahneman, 1974), mientras que Gigerenzer y su grupo proponen al razonamiento heurístico como una buena alternativa al razonamiento lógico, con lo cual, consideran que las heurísticas podrían ser consideradas también un buen criterio de racionalidad (Gigerenzer, et. al., 1999).

Mostraré que, a pesar de sus diferencias, ambas propuestas surgieron como una respuesta a resultados experimentales que mostraban que las personas no razonaban de acuerdo con las reglas de la lógica clásica y la teoría de la probabilidad (cfr. Stein, 1996) y, por tanto, estas propuestas se basan en un planteamiento general en el que se plantea una dicotomía, al menos en el origen de las propuestas, bastante radical: el razonamiento “lógico” se opone al razonamiento “heurístico”. Una de las tesis que defenderé en esta investigación es que, en las discusiones generales de esta disciplina, los límites de la Lógica se delimitan por lo que se entiende por heurística y viceversa.

Mostraré que la manera de entender a la Lógica y a la heurística desde las propuestas de Kahneman y Tversky, por un lado, y de Gigerenzer y el grupo ABC por otro, ofrecen algunas soluciones a los problemas presentados en el capítulo 1 pero generan, también, otros. En particular, mostraré que:

1. La propuesta de Kahneman y Tversky sostiene que es posible distinguir entre procesos de pensamiento intuitivos (inmediatos y no discursivos) y deliberados (mediatos y discursivos). Dentro de los primeros se encuentran las heurísticas y dentro de los segundos los procesos que usan las reglas de la Lógica. Si se hace esta distinción, y se considera que la “heurística” se ocupa de los procesos de descubrimiento, parece que la posibilidad de hablar de una “lógica del

descubrimiento” que incorpore a la noción de heurística no sería viable. Como veremos, esta propuesta diferirá en varios elementos importantes de la propuesta de Gigerenzer.

2. Gigerenzer, al contrario que Kahneman y Tversky, piensa que los procesos heurísticos son muy útiles, en ocasiones mejores que los procesos de razonamiento efectivos (estos últimos son en los que se pueden analizar todas las posibles líneas de acción y se puede determinar cuál es la mejor), y busca proponer modelos formales y normativos de heurísticas, en donde éstas pueden presentarse como algoritmos. Un problema que se discutirá en este trabajo es qué se entiende por algoritmo, pero para efectos de esta introducción propongo entender “algoritmo” como un procedimiento para alcanzar una meta determinada con un número finito de pasos que pueden realizarse también en un tiempo finito y que son conocidos por quien desea alcanzar la meta; el proceso algorítmico termina cuando se alcanza la meta buscada (cfr. Rapaport, 2019, p. 255). Mostraré que hablar de las heurísticas en términos de algoritmos genera problemas para distinguir a estas propuestas de las que defienden que es posible hablar de “lógicas del descubrimiento”. Argumentaré que la propuesta de Gigerenzer es muy similar a las propuestas de las Ciencias Computacionales que utilizan la noción de heurística, lo cual me dará la pauta para pasar al siguiente capítulo.

Capítulo 3

En este capítulo presentaré la visión de las Ciencias Computacionales, especialmente desde algunas propuestas del área de Inteligencia Artificial, en las cuales, el desarrollo de programas vinculados a la resolución de problemas (cfr. Rusell y Norvig, 2004) ha influido notablemente en lo que se entiende tanto por

Lógica, como por heurística; ha incidido en la posibilidad de hablar de una ciencia general de las heurísticas (Heurística); y ha generado resultados relevantes para las problemáticas presentadas en los capítulos anteriores.

En primer lugar, presentaré una introducción sobre cómo y en qué tipo de desarrollos aparecen las “heurísticas” en esta disciplina y mostraré las dificultades presentes en esta área para caracterizarlas adecuadamente. Esto implica presentar cómo se define un sistema y un problema y cómo aparecen aquí las nociones de algoritmo y heurística.

En segundo lugar, mostraré que las dificultades para caracterizar a la noción de “heurística” se relacionan con que esta noción presenta diferentes características, las cuales aparecen entremezcladas, de forma poco clara en muchas ocasiones, en los diversos problemas. Profundizaré en la presentación de cada una de las cuatro características de la heurística, propuestas por Romanycia y Pelletier (1985).

Finalmente, concluiré mostrando las posibilidades de relación entre estas características y cómo ayuda la consideración de éstas a desambiguar algunos de los problemas planteados al inicio del capítulo.

Capítulo 4

En el cuarto capítulo presentaré la propuesta de corte interdisciplinario de Simon, Langley, Bradshaw y Zytkow con respecto al descubrimiento científico: los fundamentos y problemas filosóficos que subyacen a su propuesta, mostraré algunas líneas del desarrollo de los programas computacionales GLAUBER y BACON, que buscan emular algunos procesos de descubrimiento científico, analizaré los alcances y los límites de esta propuesta y finalmente, discutiré qué implicaciones tiene el trabajo desarrollado por estos investigadores para los

problemas generales tratados en esta tesis. Las principales directrices de este capítulo son:

1. Cuáles son las objeciones que este proyecto propone a la distinción entre contextos de descubrimiento y justificación, punto que se vincula directamente con el capítulo 1 de este trabajo.
2. Por qué Simon, et. al., consideran que es posible hablar de una “lógica del descubrimiento”, por qué su propuesta es normativa y cuál es el papel de las heurísticas en ella.
3. Discutiré cuáles son los alcances y los límites del trabajo de Simon, et. al., y qué consecuencias tiene esto para las problemáticas generales presentadas en esta investigación.

Capítulo 5

Finalmente, presentaré las principales conclusiones de este trabajo, destacando por qué considero que es mejor entender las relaciones entre Lógica y heurística de manera cercana a la propuesta de Kowalski (1979a, 1979b) y Gillies (1996), desde el ámbito computacional, en la que ambas nociones se entienden como complementarias y colaborativas y no a partir de dicotomías como se entienden en las principales propuestas de Filosofía (contexto de descubrimiento vs. contexto de justificación) y Psicología Cognitiva (razonamiento lógico vs. razonamiento heurístico).

A partir de esta propuesta realizaré una evaluación final de las propuestas estudiadas en esta tesis en cada uno de los capítulos anteriores:

a) Presentaré mis conclusiones acerca del papel descriptivo y normativo de la Lógica y la Heurística en las discusiones de Filosofía de la ciencia, en especial con respecto al problema de la distinción entre los contextos de descubrimiento y justificación.

b) Presentaré mis conclusiones acerca de los proyectos de Psicología que tienen a la noción de heurística como noción central: la propuesta de Kahneman y Tversky y la de Gigerenzer y el grupo ABC.

c) Realizaré una evaluación final de los programas BACON y GLAUBER, que emulan procesos de descubrimiento científico, desarrollados por Simon, et. al.

Conclusiones generales

A partir de las consideraciones de los capítulos previos, en las conclusiones generales ofreceré una respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿En qué sentido puede ser relevante para la discusión de Filosofía de la Ciencia seguir sosteniendo la distinción entre contextos? Mostraré que si bien la distinción entre contextos ha sido cuestionada desde distintos frentes (los principales cuestionamientos se explican con profundidad en el capítulo 1), hay algunas razones por las que puede seguir considerándose como una distinción interesante. En particular, puede ser útil si se quiere distinguir entre procesos que involucran incertidumbre, falibilidad y búsqueda de eficiencia, entendida como la posibilidad de economizar recursos (procesos generalmente asociados al descubrimiento), y procesos que no son falibles. Ahora bien, sostener esta distinción parece llevarnos a mantener una distinción entre “heurística” y “Lógica”, lo que me lleva a las siguientes preguntas.

2. ¿En qué sentido es interesante plantear la problemática de la “lógica” o la “metodología” del descubrimiento? Una manera de mantener la distinción entre lógica y heurística consiste en sostener que no es posible tener una “lógica del descubrimiento”; y en consecuencia, pueden seguirse dos opciones: a) considerar que aunque no hay una “lógica” sí es posible estudiar procesos de descubrimiento, por lo que sí se puede postular, al menos, una “metodología” del descubrimiento y b) sostener que no es posible estudiar el descubrimiento ni lógica, ni metodológicamente desde la Filosofía de la ciencia (aunque es posible que haya otras aproximaciones a este tema desde la Filosofía).

A partir de lo desarrollado en este trabajo defenderé la opción a), pero discutiré las diversas propuestas que he encontrado al respecto en la presente investigación, señalaré las problemáticas que cada una presenta y finalmente defenderé que si se sostiene una idea de Lógica como la que proponen Kowalski (1979a, 1979b) y Gillies (1996) desde las Ciencias Computacionales, sí tiene sentido proponer una “lógica del descubrimiento”.

3. ¿En qué sentido es interesante plantear los proyectos de racionalidad que recurren a la Lógica y a la heurística como criterios normativos? ¿Estos proyectos logran aportar algo a la discusión filosófica acerca de la distinción entre contextos? De ser así, ¿qué es lo que aportan?

4. Finalmente, de manera similar a cómo lo propongo en el capítulo 2, una de las tesis que defenderé en este lugar es que las conclusiones que se obtienen, tanto sobre la Lógica como sobre la heurística, suelen depender de la relación que se establece entre ellas y esto determina en buena medida cómo se entienden estas nociones y cuáles son los alcances y las limitaciones de los proyectos vinculados a ellas.

0.4. Contribuciones de esta investigación e interdisciplina

Los objetivos principales de esta investigación son: ofrecer un análisis filosófico de las nociones de “Lógica” y “heurística” en cada disciplina (Filosofía de la Ciencia, Psicología Cognitiva e Inteligencia Artificial), mostrar las relaciones entre ellas en cada uno de los planteamientos abordados, para, finalmente, ofrecer algunos resultados de carácter interdisciplinario.

Como señala Rafael Pérez y Pérez (2015, 2018), el trabajo interdisciplinario se caracteriza por mezclar y relacionar los conocimientos de más de una disciplina para generar nuevo conocimiento que sin la interrelación sería muy difícil o imposible obtener. Pérez y Pérez señala 6 características fundamentales de los proyectos de trabajo interdisciplinarios:

0. Conocimiento de las habilidades disciplinarias de cada uno de los miembros del proyecto.
1. Desarrollo de un vocabulario común.
2. Desarrollo de empatía académica, es decir, de la capacidad de visualizar desde la perspectiva epistémica y metodológica del otro el problema que se intenta resolver.
3. Confianza en las habilidades y buen juicio del otro.
4. Apertura al diálogo, la confrontación de posiciones y la generación de acuerdos.
5. Un adecuado liderazgo que facilite la interacción entre los miembros del proyecto (Pérez y Pérez, 2018, p. 203).

El presente trabajo de investigación realiza aportaciones relacionadas con los puntos 2, 3, 4 y 5, de la propuesta de Pérez y Pérez.

El punto 2, desarrollo de un vocabulario común, se encuentra en la investigación y análisis de las nociones de “Lógica” y “heurística” y en la búsqueda de la precisión en estas nociones, de modo que se contribuya a resolver problemas comunes a las tres disciplinas estudiadas aquí.

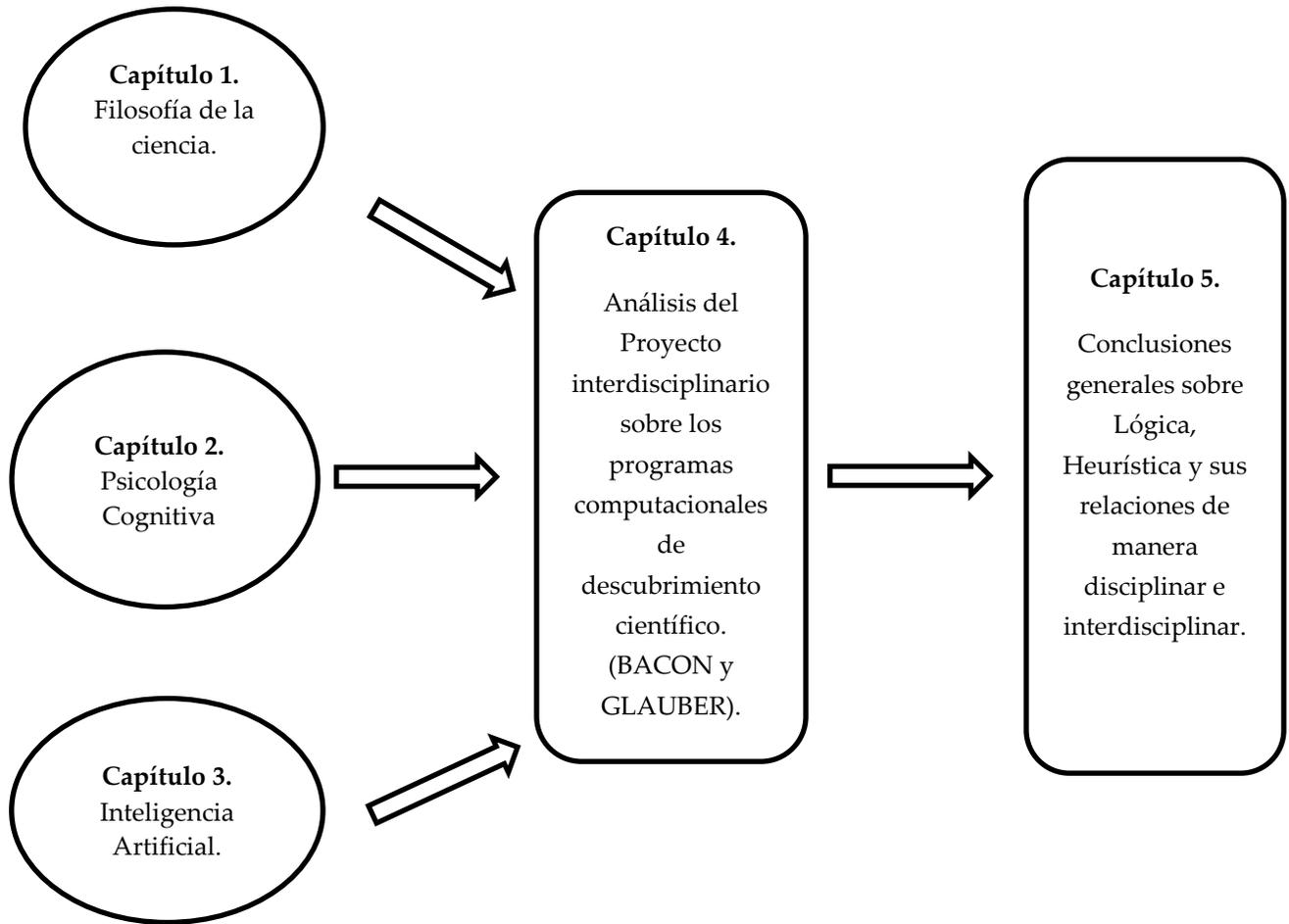
El punto 3, desarrollo de empatía académica, se encuentra en el análisis que realizo de las diferentes propuestas en cada disciplina, el cual he tratado de llevar a cabo con el cuidado y la profundidad necesarios para entender adecuadamente cada planteamiento y poder ofrecer críticas pertinentes a cada uno.

El punto 4, confianza en las habilidades y buen juicio del otro, se encuentra en la presentación de cada disciplina y en que considero las motivaciones, las propuestas y los resultados ofrecidos por cada una de ellas, mostrando cuáles son sus alcances y sus limitaciones.

El punto 5, apertura al diálogo, confrontación de posiciones y generación de acuerdos, es un presupuesto que subyace a todo el desarrollo de esta investigación. Espero que las conclusiones que presento contribuyan a la reflexión filosófica rigurosa sobre qué es la Lógica, qué es la heurística y cuáles son las relaciones entre ellas. Asimismo espero que estas conclusiones sean útiles para enfrentar problemas y generar nuevas soluciones en las tres disciplinas abordadas en esta tesis.

Finalmente, para cerrar esta introducción, presento en el siguiente esquema de manera muy sencilla, las líneas generales del presente trabajo de investigación:

Esquema del desarrollo de la tesis.



CAPÍTULO 1. LÓGICA Y HEURÍSTICA EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

Introducción

Qué se entiende por “Lógica” y “heurística” es un problema, principalmente, filosófico. Si bien en esta investigación cobrarán particular relevancia las posturas al respecto de la Psicología Cognitiva y las Ciencias Computacionales, la Filosofía ofrece el mejor marco para introducir ambas nociones y comprender cuáles son los principales problemas que trataré en esta investigación. Por estos motivos, en este primer capítulo se introducen los lineamientos generales de esta investigación desde su planteamiento en Filosofía de la Ciencia.

Las discusiones más relevantes para esta investigación se plantearon con mayor rigor en la primera mitad del siglo XX, con el surgimiento y el auge de la Filosofía de la Ciencia como área particular de estudio, pero es posible encontrar antecedentes de estos problemas a lo largo de toda la historia de la Filosofía y de la ciencia.

Así, comenzaré este capítulo con algunas consideraciones introductorias sobre la noción de heurística. En segundo lugar, mostraré cómo aparece esta noción en el marco de la propuesta metodológica de los geómetras griegos. En tercer lugar, expondré la problemática de la distinción de los contextos de descubrimiento y de justificación en el auge de la Filosofía de la ciencia del siglo XX y finalmente discutiré los principales problemas relacionados con la Lógica y la heurística que aparecen a partir de las consideraciones dadas y que serán la guía que dirigirá esta investigación.

1.1. ¿Qué es la heurística?

El término “heurística” aparece en múltiples discusiones a lo largo de la historia, sobre todo, en problemáticas de metodología científica y de razonamiento en general. Si analizamos por separado las distintas discusiones en donde aparece este término, podría parecer que es una palabra polisémica, la cual se usa con distintos significados en diferentes discusiones. Sin embargo, en esta investigación defiendo que hay algunas problemáticas cercanas en Filosofía de la Ciencia, Psicología Cognitiva y Ciencias Computacionales, en las que este término aparece con características comunes, por lo que la respuesta a los problemas que cada disciplina ofrece por separado puede ser interesante para las otras disciplinas. En particular, en este trabajo presentaré una reflexión filosófica sobre cuál es la mejor caracterización de la heurística y cuál es el papel de ella y de la Lógica en la caracterización del razonamiento, por un lado, y cuál es su lugar en la metodología científica, por otro, de acuerdo con las tres disciplinas ya mencionadas.

Si bien, uno de los principales puntos a discutir a lo largo de esta investigación será cómo se entiende a la heurística en cada una de las discusiones y disciplinas propuestas, ofreceré en este momento una aproximación a la noción de heurística que pretende capturar las principales características comunes de ella en las tres disciplinas ya mencionadas. La presento como una guía introductoria a las apariciones del término en esta investigación.¹⁰ Adelanto que la caracterización de heurística que defenderé hacia el final de la tesis (Cfr. Cap. 5) diferirá en algunos aspectos relevantes de esta primera aproximación.

¹⁰ En la Introducción general también ofrecí una caracterización de la heurística, pero la que propongo aquí no incluye todos los elementos mencionados anteriormente, pues busco ya acotar las problemáticas a tratar.

En general, se entiende a las “**heurísticas**” como **procesos, reglas o guías de razonamiento que ayudan a hacer algún tipo de descubrimiento**. Son **estrategias** que se usan cuando hay algún factor de **incertidumbre**, son **falibles** y se oponen a los procesos de tipo **lógico deductivo** (estos últimos cumplen con la propiedad de monotonía, mientras que las heurísticas no).

A pesar de las características recién mencionadas, de acuerdo a algunas propuestas en Psicología Cognitiva, actualmente se considera que es posible construir **teorías y modelos normativos de las heurísticas** (cfr. Gigerenzer y Gaissmaier, 2011), de modo que, al igual que la Lógica, las heurísticas pueden ser consideradas como un elemento relevante en la caracterización y comprensión del razonamiento en general y pueden jugar un papel interesante en la metodología científica. En este último ámbito, se suelen asociar a los procesos de descubrimiento. Por eso, como señala Aliseda, cuando encontramos el término “Heurística” como sustantivo, se entiende por ella “el arte o la ciencia del descubrimiento” (cfr. Aliseda, 2014, p. 27).

¿Cómo llegamos a esta noción de “heurística”? Podemos encontrar los rasgos principales de la caracterización que acabo de proponer, prácticamente, a lo largo de toda la historia de la Filosofía y de la ciencia. Sin embargo, como no es posible analizar todas las aproximaciones a la misma, yo profundizaré en el planteamiento de la propuesta metodológica de los geómetras griegos de la Antigüedad (planteamiento que se mantiene en buena medida hasta nuestros días) y en la discusión en Filosofía de la Ciencia del siglo XX sobre las diferencias entre los contextos de descubrimiento y justificación. Realizo estas dos aproximaciones porque considero que con ellas es posible mostrar de dónde provienen las principales características de la noción de heurística que acabo de introducir y además, puedo mostrar también los principales problemas que me interesa tratar en

esta investigación: si es posible caracterizar y distinguir con claridad a la Lógica y a la heurística y cómo están relacionadas entre sí, principalmente, para discutir cuál es el papel de ellas en el razonamiento en general, y en la metodología científica.

Veamos, pues, cada una de las aproximaciones que propongo.

1.2. Análisis y síntesis en la metodología de la geometría griega

Existe un fuerte consenso en proponer que la noción de heurística surgió en el contexto de la geometría griega,¹¹ con la propuesta de distinguir entre dos métodos: análisis y síntesis. Si bien la consideración y comprensión de estos métodos variará y se extenderá a la Filosofía y a otras disciplinas, en este momento me centraré solo en la presentación que hacen de los mismos los geómetras griegos, debido a que considero que éste es el antecedente más importante para los problemas que discutiré en este trabajo de investigación.¹² Sostengo esto, al menos, por tres razones: a) porque a diferencia de las discusiones posteriores sobre heurística en metodología de la ciencia, contamos con algunos textos seminales sobre el tema, en los cuales, la distinción que se plantea entre los métodos es muy clara en términos teóricos,¹³ b) porque quienes usan la noción de heurística posteriormente, proponiéndola como parte de la metodología científica, lo hacen, en buena medida por haber heredado el

¹¹ Hay muchos lugares en donde se discute este tema, para una discusión de la propuesta de los geómetras griegos, cfr. Beaney, 2014 y Hintikka y Remes, 1974.

¹² El término “análisis” se ha entendido a lo largo de la historia de diversas maneras. En Filosofía, existe una amplia bibliografía al respecto, pues es un término al que se ha recurrido constantemente, para significar distintas nociones (algunas de ellas más cercanas entre sí que otras). Para documentarse sobre las distintas nociones de análisis que ha habido a lo largo de la historia de la Filosofía, se puede consultar Beaney, 2014.

¹³ En las discusiones contemporáneas, la noción de heurística aparece más bien con relación a otras problemáticas, y en algunos casos no se cuenta con una caracterización clara de la misma o lo que se entiende por ella es confuso; esto se verá con más profundidad en el capítulo 3, entre otros lugares.

uso de los geómetras de esta noción¹⁴ y c) porque a partir de esta propuesta encontramos ciertas caracterizaciones de la noción de heurística que perduran hasta nuestros días y que pueden explicar algunas de las problemáticas actuales consideradas en esta investigación. Dicho esto, veamos la propuesta de los geómetras griegos.

1.2.1. Los métodos de análisis y síntesis en Pappus

Una de las primeras referencias de los métodos de análisis y síntesis se encuentra en el libro XIII de los *Elementos* de Euclides,¹⁵ sin embargo, el texto que ofrece más interés para la definición del análisis y la síntesis es el del matemático Pappus¹⁶ quien presenta una caracterización de estos métodos muy similar a la de Euclides, pero ofrece una disertación más amplia sobre los mismos.

Tanto Euclides como Pappus están interesados, en este punto, en explicar cómo se obtienen las pruebas o demostraciones de alguna afirmación geométrica, por un lado y en cómo se presentan estas pruebas por el otro.

El análisis es el método mediante el cual se busca la prueba de una tesis geométrica de la siguiente manera: se asume como verdadero lo que se quiere demostrar, para, a partir de esto, hacer un recorrido “hacia atrás”, buscando los antecedentes, hasta que se encuentra algo ya conocido y previo.¹⁷

¹⁴ Para ver esta asimilación en los casos de Lakatos y Polya, cfr. Kiss, 2002.

¹⁵ El texto de Euclides dice lo siguiente: “*Análisis* es la asunción de lo buscado como si ya fuera admitido <y el acceso> por medio de sus implicaciones a algo que se reconoce verdadero. *Síntesis* es una asunción de lo que es reconocido <y el acceso> por medio de sus implicaciones a algo que se admite como verdadero.” (Euclides, 1996, p. 314).

¹⁶ Para los textos de Pappus utilicé la versión en griego y la traducción al inglés que ofrecen Hintikka y Remes (1974), a partir de estas dos versiones elaboré la versión en español de las citas textuales.

¹⁷ Por este motivo, en la literatura contemporánea suele encontrarse este método nombrado como “análisis regresivo” (cfr. Beaney, 2014).

Por el contrario, la síntesis se refiere a la presentación de la prueba en orden inverso a la manera en que se realizó el análisis, de modo que se comienza presentando los principios que permiten derivar la tesis propuesta, y se muestran con claridad los pasos deductivos que se realizan para obtener la conclusión a partir de los principios propuestos.

En consecuencia, desde esta perspectiva, las pruebas de análisis y síntesis son “reversibles”. El método de análisis parte de la tesis final para remontarse a los principios y la síntesis, a la inversa, parte de los principios para mostrarnos al final la tesis que se buscaba probar.

Pappus presenta estos métodos de la siguiente manera:

El análisis es el camino a partir de lo que se busca –como si se admitiera– mediante sus concomitantes [la traducción habitual dice: consecuencias] con el fin de llegar a algo admitido en la síntesis. En el análisis suponemos que lo que se busca ya está dado, y nos preguntamos de dónde resulta, y de nuevo lo que es el antecedente de este último, hasta que nuestro camino hacia atrás nos lleva a algo ya conocido y el primero en orden. Y llamamos a este método análisis, como una solución que va al revés.¹⁸ En la síntesis, por el contrario, suponemos que lo último que se obtuvo en el análisis está dado, y acomodamos en su orden natural como consecuentes los antecedentes anteriores, y los unimos unos con otros, y al final llegamos a la construcción de lo que se buscaba. A esto lo llamamos síntesis (Hintikka y Remes, 1974, p. 8).¹⁹

1.2.2. El carácter heurístico del análisis geométrico

¿Por qué proponen los geómetras griegos la existencia de estos dos métodos complementarios, análisis y síntesis? La respuesta a esta pregunta nos acerca a la aparición de la heurística. El análisis parece ser el método por el cual buscamos los fundamentos de una afirmación matemática que sospechamos que es verdadera,

¹⁸Más adelante veremos que la caracterización de la abducción de C. S. Peirce es muy similar a la propuesta del análisis de Pappus (cfr. sección 1.3.3.1).

¹⁹ Todas las traducciones del texto de Hintikka y Remes son mías. En este fragmento me apoyo en la propuesta de Hintikka y Remes con respecto al término “concomitantes”.

haciendo un recorrido “hacia atrás”. En este sentido podríamos decir que es el “método del descubrimiento” y, en consecuencia, podríamos afirmar que este “análisis” es un método “heurístico”, precisamente por este componente de búsqueda y encuentro relacionado con él. Recordemos que el término heurística es un derivado del verbo griego *heurisko*, el cual se refiere a encontrar, hallar, descubrir o inventar.

El término griego “*analysis*” está compuesto por el prefijo “*ana*” (arriba, enteramente), el verbo “*luein*” (soltar, disolver, descomponer, liberar), y el sufijo “*sis*” (acción); con lo que una traducción aproximada sería “descomponer enteramente”,²⁰ y de acuerdo con Michael Beaney (2014), y a lo dicho hasta aquí, esta interpretación parece corresponderse con la forma en que se entendió el análisis en el contexto de la geometría griega.

Por el contrario, la síntesis supone presentar la prueba una vez que ya se ha realizado el proceso del análisis y ya se ha encontrado la relación entre los principios y el teorema a demostrar. Desde esta perspectiva, la presentación de la síntesis es importante, porque es la que muestra la relación “directa” entre los principios y la conclusión.

Al proponer estos dos métodos, los geómetras griegos están llamando la atención hacia el hecho de que no es lo mismo *descubrir* una relación entre principios o axiomas y teoremas que *poseer* o *presentar* una prueba formal que nos garantiza que un teorema se sigue de ciertos axiomas. Visto esto, me parece que empieza a quedar claro por qué la heurística parece vincularse, al menos hasta el momento, con el análisis: porque éste es el método del descubrimiento, y justamente a eso se refiere el término heurística.

²⁰ Para la etimología griega cfr. Meyer y Steinthal, 1993 y Palomar, 2012.

Hay todavía más elementos en el método del análisis que parecen poder relacionarse directamente con la caracterización de la heurística. En este momento me referiré a dos de ellos, a saber, la traducción de *akolouthôn*, y el papel de las construcciones auxiliares.

a) Hintikka y Remes señalan acertadamente que en el método del análisis aparece un término problemático en griego: *akolouthôn*. Este término suele aparecer en las traducciones como “consecuencias”, pero Hintikka y Remes prefieren traducirlo como “concomitantes” (cfr. Hintikka y Remes, 1974, p. 9). La manera en que se decida traducir este término es relevante para esta investigación, debido a que el término “concomitante” tiene una carga menos fuerte que el término “consecuencia”. La noción de “consecuencia” implica alguna relación de índole lógico, en la que, en este caso, algún teorema o línea de una demostración se sigue de líneas previas o de algún axioma, mientras que la noción de “concomitante” puede no implicar una relación lógica, y significar solamente elementos que se acompañan entre sí o que aparecen juntos. Si el término *akolouthôn* se traduce como “concomitantes”, tanto Hintikka y Remes, como Pappus parecerían apuntar a que en el método del análisis podríamos encontrar muchos elementos “concomitantes” que no necesariamente tendrían que llevarnos a establecer una relación de consecuencia directa entre ciertos axiomas y el teorema a demostrar.

Lo dicho hasta aquí implica que nuestros procesos de búsqueda no nos ofrecen un camino certero que necesariamente nos llevará a obtener lo que buscamos. Podemos perdernos en los elementos “concomitantes” o realizar muchas inferencias válidas que no nos conduzcan a la conclusión que deseamos. En consecuencia, requerimos recursos no-deductivos que nos ayuden a distinguir dónde hay “concomitancia” y dónde hay “consecuencia”, que nos ayuden a reconocer las consecuencias que obtengamos que no sean relevantes para lo que buscamos y

recursos que funcionen como una “guía” para avanzar en la búsqueda, sin embargo, estos recursos serán siempre falibles, porque no pueden garantizarnos que resolveremos el problema que enfrentamos.

b) El otro factor relevante para nuestra caracterización de la heurística, es el papel de las construcciones auxiliares que los geómetras introducen para realizar sus demostraciones. Tomemos, por ejemplo, el teorema de Pitágoras. Esta conocida proposición matemática nos dice que, en un triángulo rectángulo, el cuadrado de la hipotenusa (lado más largo del triángulo) es igual a la suma de los cuadrados de los catetos (los otros dos lados del triángulo). Veamos algunos ejemplos de cómo se obtiene este resultado.



Figura 1

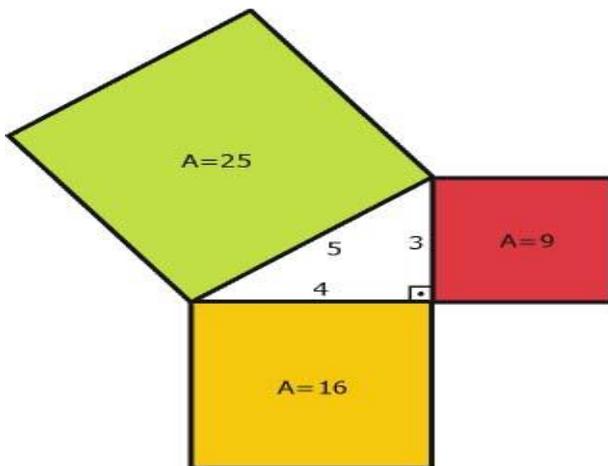


Figura 2

correspondientes a la conocida como “demostración de Bhaskara”, ellas son útiles también para probar el teorema de Pitágoras, y como podemos ver, las construcciones auxiliares a las que recurren implican una reorganización de los elementos presentes en ambas, que además es diferente a la organización de los elementos de la Figura 2.²⁴

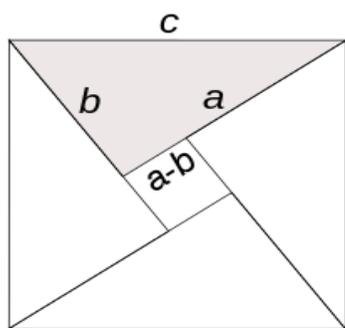


Figura 3

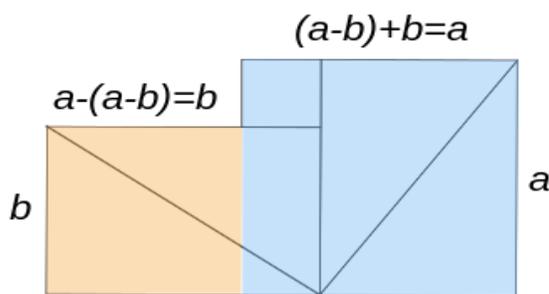


Figura 4

La explicación del teorema correspondiente a las figuras 3 y 4 es la siguiente: con cuatro triángulos rectángulos de lados a , b y c se construye el cuadrado de lado c , de la figura 3, en cuyo centro se forma otro cuadrado de lado $(a-b)$.

Reorganizando los cuatro triángulos y el cuadrado de lado $(a-b)$ se construye la figura 4, en la cual el área está dada por la suma de la de dos cuadrados: uno de lado a (el cuadrado azul) y el del lado b (naranja).

En términos algebraicos tenemos que el área del cuadrado de lado c es la correspondiente a la suma de la de los cuatro triángulos, más el área del cuadrado

²⁴ Figuras e información sobre estas pruebas del Teorema de Pitágoras tomadas del sitio: https://www.wikiwand.com/es/Teorema_de_Pit%C3%A1goras (Consultadas el 3 de agosto de 2019). Pueden consultarse estas pruebas y otras en la página recién mencionada y en González Urbaneja, 2008.

central de lado $(a-b)$, es decir: $c^2 = 4(ab/2) + (a-b)^2$. Si desarrollamos algebraicamente esa expresión obtendremos la conocida fórmula del teorema: $c^2 = a^2 + b^2$.

Volviendo a la discusión del presente trabajo, en muchos casos, las construcciones auxiliares formarán parte eventualmente de la demostración sintética, pero su aparición en el proceso de análisis no es segura, ni predecible; en estas pruebas solo se muestran las construcciones que forman parte de la demostración, pero antes de obtenerlas, se pudo intentar con construcciones distintas que finalmente no fueron útiles para probar lo que se buscaba. En la práctica matemática, cuando se enfrenta un problema por primera vez y no existe todavía una prueba de la proposición o se intenta encontrar una prueba nueva, no se sabe de antemano cuáles serán las construcciones auxiliares adecuadas, las que realmente ayudarán a lograr la demostración y no hay una forma de asegurar que se tendrá éxito. En mi opinión y coincidiendo con Hintikka y Remes, estas construcciones auxiliares se vinculan necesariamente al método del análisis e introducen también un factor de incertidumbre en las búsquedas que estemos haciendo. Hintikka y Remes lo señalan de esta manera. Refiriéndose al proceso de obtener pruebas geométricas nos dicen:

Cualquiera que tenga alguna experiencia de este tipo [probando teoremas de geometría elemental], sabe que el éxito del análisis está sujeto a cierta condición. Hablando primero en términos intuitivos para referirnos a las figuras geométricas, un análisis puede ser exitoso solo si además de asumir la verdad del teorema deseado hemos obtenido un número suficiente de construcciones auxiliares en la figura a partir de las cuales puede darse la prueba. En principio, estos se obtienen en el curso del análisis también, pero siempre pueden obtenerse antes. Esta indispensabilidad de las construcciones en el análisis es un reflejo del hecho de que, en geometría elemental, una construcción auxiliar, *kataskewe*, que va más allá de la *ekthesis* o el “replanteo” de los teoremas en términos de una figura, muchas veces debe asumirse que se ha obtenido antes de que el teorema pueda ser probado. Así, una prueba no puede ser encontrada mediante el análisis sin estas construcciones auxiliares, tampoco (Hintikka y Remes, 1974, pp. 2-3).

Como se puede apreciar, Hintikka y Remes llaman la atención a la importancia de las construcciones auxiliares y aparece otro de los elementos típicamente asociados a la heurística: la incertidumbre y la falta de claridad en el proceso por el cual se obtienen estas construcciones. Esto se refuerza en las siguientes observaciones:

Ahora, todo lo que se ha dicho sobre la necesidad de considerar más individuos unidos en una prueba o un teorema a partir de axiomas, aplica *a fortiori* a análisis exitosos calculados para encontrar esas pruebas. En particular, la imposibilidad de predecir el número de estas construcciones auxiliares implica una correspondiente incertidumbre en el método del análisis. El factor de impredecibilidad provoca que uno no pueda estar seguro de cuántas construcciones auxiliares son suficientes hasta que se obtiene de hecho el resultado deseado. No se puede proveer ninguna garantía de éxito *a priori*. Así, la no-trivialidad de la mayoría de las verdades lógicas tiene como una de sus consecuencias una importante limitación en el procedimiento analítico como un método de descubrimiento: no puede en general, ser un método infalible (mecánico) (Hintikka y Remes, 1974, p. 4).

Así, Hintikka y Remes consideran que el método analítico, debido a esta necesidad de recurrir a las construcciones auxiliares, resulta un método falible, que no puede garantizar que obtendrá los resultados que se buscan y es interesante notar por lo dicho en las dos últimas líneas, que Hintikka y Remes vinculan el análisis a un método de descubrimiento que es, de acuerdo con ellos, imperfecto, precisamente por estos elementos de incertidumbre.

Así, vemos como el método analítico propuesto por Pappus se vincula también con el descubrimiento científico, en este caso, geométrico, pero ya con esta carga problemática de incertidumbre y falibilidad, la cual se relacionará posteriormente con la dificultad para hacer un tratamiento lógico-deductivo del método del análisis:

Así, la incertidumbre heurística que fue notada por los primeros geómetras y que Leibniz deploró, obtiene su significado profundo al sugerir dos cosas, la necesidad de construcciones, es decir, la introducción de nuevos individuos en

los argumentos de primer orden, y también de la incertidumbre deductiva general (falta de un método de decisión) que acabamos de mostrar como característico de, incluso, aspectos elementales de la lógica como lógica de primer orden. La necesidad de construcciones auxiliares en el análisis, y la dificultad de predecirlas, es una de las muy pocas situaciones en las que los filósofos de las Matemáticas tradicionales se ven confrontados por las consecuencias de la no-trivialidad del razonamiento lógico. Al mismo tiempo, la inevitable incertidumbre (de clases) que prevalece en la situación lógica general, de la cual el análisis geométrico es un ejemplo, es de gran importancia para la evaluación de lo anterior como generalizaciones del método geométrico del análisis (Hintikka y Remes, 1974, pp. 4-5).

1.2.3. Conclusiones sobre la heurística en la geometría

Así, he encontrado, hasta el momento, tres características que nos permiten vincular a la heurística con el método del análisis de la geometría:

1) Tanto el análisis como la heurística se relacionan con procesos de descubrimiento.

2) En el método del análisis se presentan elementos que pueden ser “concomitantes y no “consecuentes”, los cuales contribuyen a la falibilidad de las pruebas heurísticas.

3) Las construcciones auxiliares que requieren introducir los geómetras en sus demostraciones también generan un factor de incertidumbre en la búsqueda, dado que nada nos garantiza que encontraremos las construcciones que necesitamos y podríamos encontrar muchas de ellas que no necesariamente nos lleven a resolver el problema que estemos tratando.

Más adelante mostraré cómo estos tres aspectos de la heurística aparecen también en las discusiones de Filosofía de la Ciencia del siglo XX y también en disciplinas como la Psicología Cognitiva y las Ciencias Computacionales.

Veamos ahora la aproximación al tema desde la Filosofía de la Ciencia del siglo XX.

1.3. La distinción entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación

En Filosofía, la discusión sobre el descubrimiento tiene una larga historia. Antes del siglo XIX, el término “descubrimiento” se refería, principalmente, a una nueva cura, el desarrollo de un instrumento o a un nuevo método para medir una longitud. Desde esta perspectiva, personajes como Bacon, Descartes y Newton propusieron métodos para obtener nuevos conocimientos.²⁵

Sin embargo, a partir del siglo XX, la consideración filosófica del descubrimiento se acotó en gran medida a la propuesta de distinguir entre el “contexto de descubrimiento” y el “contexto de justificación”. Esta propuesta, formulada en una de sus presentaciones más conocidas por Reichenbach (1938, p. 7-8) y retomada y discutida por diversos filósofos,²⁶ sostiene en general que el contexto de descubrimiento se refiere a las cuestiones relacionadas con el origen de las teorías científicas, mientras que el contexto de justificación se refiere a los métodos que hacen verdaderas a las teorías científicas.

Proponer esta distinción implica sostener, por ejemplo, que los procesos de razonamiento o los procesos metodológicos por los cuales William Harvey generó su hipótesis acerca de cómo funciona la circulación de la sangre en el cuerpo humano son diferentes a las pruebas que tuvo que ofrecer para demostrar su punto.²⁷

²⁵ Para profundizar en el papel de la heurística en el siglo XIX, cfr. Laudan, 1980; Nickles, 1985 y Schaffner, 1993.

²⁶ Hay mucha controversia sobre lo que Reichenbach pretendió sostener al proponer la distinción entre contextos, y sobre la manera en que lo interpretaron otros filósofos. Algunos de los principales planteamientos al respecto se pueden consultar en Carmichael, 1922, 1930; Gutting, 1980; Hoyningen-Huene, 1987, 2006; Kordig, 1978; Leplin, 1987; Nickles, 1980; Popper, 1959; Schickore y Steinle, 2006; Weber, 2005; Worrall, 2002 y Zahar, 1983; entre otros.

²⁷ Para una discusión sobre la teoría de la circulación de la sangre de Harvey, su descubrimiento y sus pruebas, puede consultarse Escobar, 2006 y Benítez, 2014.

En general, se asumió que la “creación” o “aparición” de nuevas ideas (el “contexto de descubrimiento”) no podía ser estudiado por la Filosofía de la Ciencia, pues dadas las características problemáticas de este contexto, ha sido una posición muy generalizada pensar que la Filosofía de la Ciencia puede y debe ocuparse solamente del contexto de justificación. Schickore (2018) sostiene que esto se debió, en buena medida, a que se consideró que la Filosofía de la Ciencia debía ser normativa, por lo que debía generar normas para la práctica científica, en consecuencia “solo la justificación de las ideas, no su generación, puede ser sujeto de análisis filosófico (normativo). En contraste, el descubrimiento solo puede ser un tema para estudios empíricos” (Shickore, 2018). Con esto parece asumirse también que lo más relevante de la práctica científica es la justificación de las teorías científicas.

Una de las propuestas más conocidas y difundidas al respecto es la que se suele atribuir a Popper, quien, en la *Lógica de la Investigación Científica*, nos dice:

La etapa inicial, el acto de concebir o inventar una teoría, no me parece que exija un análisis lógico ni sea susceptible de él. La cuestión acerca de cómo se le ocurre una idea nueva a una persona —ya sea un tema musical, un conflicto dramático o una teoría científica— puede ser de gran interés para la Psicología empírica, pero carece de importancia para el análisis lógico del conocimiento científico. Este no se interesa por *cuestiones de hecho* (el *quid facti?* de Kant), sino únicamente por *cuestiones de justificación o validez* (el *quid juris?* kantiano), sus preguntas son del tipo siguiente: ¿puede justificarse un enunciado?; en caso afirmativo, ¿de qué modo?; ¿es contrastable?; ¿depende lógicamente de otros enunciados?; ¿o los contradice quizá?... En consecuencia, distinguiré netamente entre el proceso de concebir una idea nueva, y los métodos y resultados de su examen lógico. En cuanto a la tarea de la lógica del conocimiento —que he contrapuesto a la Psicología del mismo— me basaré en el supuesto de que consiste pura y exclusivamente en la investigación de los métodos empleados en las contrastaciones sistemáticas a que debe someterse toda idea nueva antes de que se la pueda sostener seriamente (Popper, 1980, pp. 30-31).

Sin embargo, como bien señala Aliseda (2014), la propuesta de Popper está lejos de ser tan clara como aparenta. Si bien es cierto que para Popper la metodología científica se ocupa principalmente de la justificación de teorías, con lo cual parecen quedar fuera las cuestiones referentes al descubrimiento, hay otros lugares en los que Popper sí les da cabida a estas últimas, por ejemplo, en *El desarrollo del conocimiento científico* (1960), se encuentra la siguiente afirmación:

... la ciencia debería verse como un *progreso constante de problemas a problemas*; a problemas de profundidad cada vez mayor. Porque una teoría científica –una teoría explicativa– es, cuando mucho, un intento para resolver un problema científico; es decir, un problema que se refiere o se vincula al **descubrimiento** de una explicación (Popper, citado por Aliseda, 2014, p. 18. Las negritas son mías).

Así como la postura de Popper resulta muy clara en un sentido, pues niega la posibilidad de una “lógica del descubrimiento”, por otro lado, parece que sí considera que la Filosofía de la Ciencia podía ocuparse del descubrimiento, pues su propuesta de conjeturas y refutaciones puede entenderse, precisamente, como una propuesta de metodología del descubrimiento.

En general, la separación entre el contexto de descubrimiento y el de justificación ha sido siempre problemática. Diferentes autores plantean esta distinción de distintas maneras y además han surgido múltiples críticas a las diversas formulaciones de esta división. En el siguiente apartado presentaré las principales maneras en que se ha entendido esta distinción y los problemas que se presentan a partir de ellas.

1.3.1 ¿A qué se refiere la distinción entre contextos?

A pesar de que la separación entre contextos parecía clara en un principio, poco a poco empezaron a encontrarse problemas que mostraron la dificultad de delimitar

con precisión el contexto de descubrimiento, por un lado, y el de justificación, por otro.

Hay varios autores que han presentado las diversas maneras de entender la distinción entre contextos (Hoyningen, 2006; Nickles, 1980) y para los efectos de este texto presentaré una modificación de la propuesta de Nickles (1980), pues considero que cubre la mayoría de las distinciones señaladas por Hoyningen y además su presentación es más adecuada para introducir los problemas principales de esta tesis, que tienen que ver con las diferencias y relaciones entre Lógica y heurística, las cuales se relacionan también con la diferenciación entre Lógica y Psicología. Así, retomaré seis de las maneras que propone Nickles para entender la distinción entre contextos (cfr. Nickles, 1980, pp. 8-9):²⁸

a) La distinción es primeramente lógica: se distingue entre los procesos psicológicos que hacen que un científico tenga una idea nueva y los argumentos lógicos que muestran cómo se soporta esa idea en los hechos o consideraciones empíricas. El contexto de descubrimiento es descriptivo, mientras que el de justificación también es normativo.²⁹

b) La distinción es temporal, se distingue entre los procesos que el científico realiza antes de llegar a su hipótesis definitiva y las pruebas que se realizan con posterioridad.

²⁸ Nickles propone siete maneras de entender a estos contextos; yo solo retomo seis porque considero que éstas son las relevantes para el objetivo de esta investigación.

²⁹ Recordemos que los proyectos normativos se caracterizan por decirnos cómo debemos razonar o qué reglas debemos seguir, y los proyectos descriptivos buscan decirnos cómo razonamos de hecho, o cómo realizamos un proceso científico (cfr. Samuels, Stich y Faucher, 2004, p. 1).

c) No se le da un papel a la lógica en el contexto de descubrimiento por una de las siguientes razones: c1) considerar que todas las consideraciones lógicas son justificatorias, sin importar en qué momento de los procesos ocurran o c2) se considera que la lógica no es necesaria para describir lo que hacen los científicos al tratar de resolver problemas. No hay un algoritmo de descubrimiento, así que no hay una lógica del descubrimiento.

d) Una postura más radical que la anterior sugiere que dado que no hay un algoritmo para hacer descubrimientos (es decir, no hay procesos mecánicos finitos que permitan hacer descubrimientos), el descubrimiento no puede hacerse inteligible a la razón; no se trata solo de procesos no lógicos, sino de procesos ilógicos.

e) Según Nickles, Popper, algunos positivistas y otros críticos, suelen tratar al descubrimiento como no discursivo y no reconstruible como razonamiento. El descubrimiento se entiende como un episodio mental momentáneo de naturaleza perceptual tipo Gestalt.

f) La aplicación estándar de la distinción entre contextos se usa para delimitar el terreno de la Filosofía (epistemología) y separarlo del terreno de la Psicología, la Historia y la Sociología. Desde esta perspectiva se suele asumir que el descubrimiento solo es susceptible de análisis descriptivos, y por eso, la Filosofía no puede ocuparse de él.

Como podemos apreciar, uno de los problemas de fondo en estas maneras de entender la diferencia entre contextos es cuál es el papel de la Filosofía en su investigación sobre la ciencia. ¿La Filosofía de la Ciencia es descriptiva o es normativa? Desde las propuestas enunciadas, podemos ver que típicamente se ha

considerado a la Lógica como una disciplina normativa, mientras que la Psicología ha sido entendida en estas discusiones, principalmente, como una disciplina descriptiva. Así, quienes sostienen que la Filosofía de la Ciencia debe ser normativa, al asociar a la Lógica con el contexto de justificación y a la Psicología con el contexto de descubrimiento, terminan sosteniendo que la Filosofía no puede ocuparse de los procesos de este último.

Si bien estas distinciones se refieren a distintos aspectos del problema, todas parecen dejar poco lugar para considerar que la Filosofía de la Ciencia puede ocuparse en alguna medida de los procesos de descubrimiento. Sin embargo, como veremos a continuación, han surgido diversas propuestas que apuestan a que sí es posible. Antes de pasar a ellas, quisiera llamar la atención también sobre lo que se entiende por lógica y por descubrimiento en los seis incisos recién mencionados y el papel que se le otorga a cada uno.

Como podemos apreciar, en los incisos a), c) y d) al menos, se entiende que los procesos de descubrimiento no son reconstruibles lógicamente, y se dice específicamente que no es posible generar algoritmos de estos procesos. Éstas son dos de las razones por las que se piensa que el descubrimiento no puede ser considerado desde una perspectiva lógico-normativa y por eso el contexto de descubrimiento queda fuera del ámbito de la Filosofía de la ciencia. Se entiende a la Lógica como una disciplina normativa, que es útil solamente para los procesos de justificación, por eso sería contradictorio hablar de una “lógica del descubrimiento”. Sin embargo, como veremos más adelante, estas maneras de entender los procesos de descubrimiento y justificación serán cuestionadas, tanto por quienes defienden la posibilidad de desarrollar “lógicas del descubrimiento”, como por algunas propuestas de razonamiento heurístico que vienen desde la Psicología Cognitiva, y

por propuestas computacionales que también recurren a las “estrategias heurísticas” para resolver problemas. En los próximos capítulos profundizaré en las respuestas afirmativas que estas otras disciplinas ofrecen a estas problemáticas, por ahora, continuaré con el desarrollo de la discusión en Filosofía.

1.3.2. ¿Es posible estudiar el “descubrimiento” en Filosofía de la Ciencia?

Como mencioné en el apartado anterior, en general, a partir del siglo XX se impuso la idea de que el contexto de descubrimiento no tenía posibilidades de ser estudiado sistemáticamente desde la Filosofía de la Ciencia. Sin embargo, desde que se propuso la distinción entre contextos empezaron a surgir propuestas que defendían que el descubrimiento incluía los procesos de razonamiento mediante los cuales se articulaban y desarrollaban nuevas ideas y que este tipo de razonamientos sí tenía aspectos formales y sistematizables. Con todo, estas propuestas fueron muy marginales y tuvo que pasar medio siglo, aproximadamente, para que empezaran a ser consideradas de manera seria por la comunidad académica. Algunos de los principales defensores de estas ideas son Hanson (inspirado en las ideas de Peirce), 1958, 1960, 1965 y Simon, 1973.

Como Schickore (2018) explica, quienes actualmente defienden la posibilidad de estudiar el descubrimiento asumen que la Filosofía de la Ciencia puede incluir alguna forma de análisis de patrones de descubrimiento racional, además de considerar también información de las ciencias empíricas como las Ciencias Cognitivas, la Psicología y la Sociología. En estas propuestas, el descubrimiento es concebido como un proceso de razonamiento analizable, no solo como un salto creativo a partir del cual aparecen las nuevas ideas completamente formadas. Retomaré un término de Nickles (1980), y llamaré junto con él, a quienes sostienen esta postura general “amigos del descubrimiento”.

Debido a que nos encontramos ya en el campo de estudio del razonamiento, aparece la idea de hablar de “lógicas del descubrimiento”, caracterización que apoya la idea de que es posible hacer un tratamiento formal y sistemático de este fenómeno, pero también implica que hay distintos tipos de razonamiento lógico, y que algunos de ellos serán adecuados para los procesos de descubrimiento y otros no.

Según Schickore (2018):

la mejor descripción de las lógicas del descubrimiento de principios del siglo XX es considerarlas como teorías de las operaciones mentales vinculadas a la generación de conocimiento. Entre estas operaciones mentales están la clasificación, la determinación de lo que es relevante para una investigación, y las condiciones de comunicación del significado. Se ha argumentado que estos aspectos del descubrimiento científico no pueden ser estudiados o están insuficientemente representados por la lógica tradicional (Schickore, 2018).³⁰

Por otro lado, hay que tener en cuenta que la denominación “lógica del descubrimiento” se usa de diferentes maneras. En un sentido amplio, se entiende a la lógica del descubrimiento como un conjunto de reglas formales, aplicables de manera general, mediante las cuales pueden derivarse mecánicamente nuevas ideas a partir de datos dados. Desde otra perspectiva, la lógica del descubrimiento se refiere a la representación esquemática de procesos de razonamiento. Ambas perspectivas pueden entenderse también como propuestas alternativas para entender a la “racionalidad” en general.

Schickore (2018) abunda:

los filósofos que sostienen esta aproximación están de acuerdo en que la lógica del descubrimiento deber ser caracterizada como un conjunto de principios heurísticos más que un proceso de aplicar lógica inductiva o deductiva a un conjunto de proposiciones. No debe entenderse que estos principios heurísticos

³⁰ (Cfr. también Schiller, 1917, pp. 236-237).

mostrarán un camino a un conocimiento seguro. Los principios heurísticos son sugerentes más que demostrativos (Shickore, 2018).³¹

Finalmente, Schickore nos dice:

Todas estas respuestas coinciden en que los procedimientos y los métodos para llegar a nuevas hipótesis e ideas no son garantía de que la hipótesis o idea que hemos formado es necesariamente la mejor o la correcta. De cualquier modo, es tarea de la Filosofía de la Ciencia generar reglas para hacer estos procesos mejores. Todas estas respuestas pueden ser descritas como teorías de solución de problemas, cuya meta última es hacer más eficiente la generación de nuevas ideas y teorías (Shickore, 2018).

Como podemos apreciar, se ha avanzado en la dirección de defender un estudio normativo de los procesos de descubrimiento y han aparecido tanto la noción de lógica como la de heurística. Sin embargo, se han encontrado aquí otros problemas.

Para algunos, Nickles, por ejemplo, no es posible llegar a desarrollar una lógica del descubrimiento, del mismo modo como se ha desarrollado la lógica clásica, por ejemplo. En consecuencia, Nickles piensa que es mejor hablar de una “metodología del descubrimiento”. Esto hace que los amigos del descubrimiento puedan dividirse en dos grupos: los que consideran que sí es posible hablar de una “lógica del descubrimiento” y los que prefieren hablar de una “metodología del descubrimiento”, en oposición a los primeros. Veamos los planteamientos y problemáticas de cada uno de estos grupos.

1.3.2.1. Las “lógicas del descubrimiento”

Según Schickore (2018) una forma de responder al reto de la distinción de contextos es defender una comprensión amplia del término “lógica”, por lo que se

³¹ (Cfr. también Carmichael 1922, 1930).

considera que sí puede desarrollarse una lógica del descubrimiento científico. En general, quienes defienden esta posición sí suelen sostener la diferencia entre los dos contextos propuestos, es decir consideran que es diferente encontrar una nueva idea a probarla, pero, dado que los procesos de descubrimiento también son lógicos, es posible estudiarlos filosóficamente. Los defensores de esta postura piensan que si bien no es posible dar procedimientos mecánicos formales para hacer descubrimientos, sí consideran que éstos involucran procesos de razonamiento inferenciales y sistemáticos, pueden ser representados esquemáticamente y no son solo resultado de procesos intuitivos y azarosos. Según Schickore una manera de defender esta postura está en concebir el descubrimiento en términos de razonamiento abductivo. La otra manera de defenderla es entender el descubrimiento en términos de algoritmos para resolver problemas, en los que las reglas heurísticas ayudan a manejar la información de manera sistemática y hacen más eficiente al algoritmo para encontrar soluciones a los problemas. En ambas propuestas la “lógica” del descubrimiento se refiere a tratar de encontrar esquemas que modelen procesos de razonamiento vinculados a su vez a procesos de descubrimiento. Si bien la propuesta de Schickore es reciente y considera las discusiones anteriores sobre este tema, he encontrado que algunas de las propuestas de los “amigos del descubrimiento” (véase Nickles, 1980) no aceptarían la consideración de las heurísticas como parte de una lógica del descubrimiento, precisamente los elementos de falibilidad e incertidumbre se han considerado como elementos que no permitirían incluir a estas propuestas como parte de una lógica y por eso, prefieren llamarle solo “metodología”. Como veremos más adelante, esto se relacionará con los principales problemas de esta tesis.

1.3.2.2. Las “metodologías del descubrimiento”

Aquí podrán incluirse varias propuestas distintas, pero el eje común a todas ellas es el siguiente: se tiene una visión más restringida de la Lógica, por lo que se considera que no hay una lógica del descubrimiento, esto se debe a que se piensa que no hay un algoritmo para generar nuevo conocimiento. De cualquier modo, los filósofos que proponen esta aproximación argumentan que los procesos de descubrimiento siguen un patrón identificable y analizable, el cual sí puede ser objeto de estudio de la Filosofía de la ciencia.

a) Según Schickore uno de los principales representantes de este tipo de propuestas es Kuhn (1971, cap. 6) y su planteamiento de cambios de paradigmas asociados a nuevos descubrimientos generados por los reconocimientos de anomalías; sin embargo, ésta es solo una de las diversas posturas que pueden entrar en esta clasificación, y no me centraré en ella.

b) Otro grupo de propuestas, también citado por Schickore, distinta a la de Kuhn, sostiene que el descubrimiento es gobernado por una metodología y esta metodología es un tópico legítimo para hacer un análisis filosófico del mismo. Es una propuesta similar a la primera, en el sentido de que toma la noción de Lógica en un sentido amplio y suelen presentar los procesos de descubrimiento en términos de resolución de problemas. Sin embargo, en este caso, la distinción entre los dos contextos es cuestionada porque se entiende que la metodología del descubrimiento juega un papel, también, de justificación. Así, se suele hablar de distintos tipos de justificación: la justificación de los procesos de generación de nuevo conocimiento y la justificación de la comprobación o prueba del nuevo conocimiento. Entre los filósofos que defienden este tipo de propuestas están Nickles (1980, 2016) y Schafner (1993), por citar solo algunos.

Dentro de este segundo tipo de propuestas parece incluirse la de “heurísticas rápidas y frugales” de Gerd Gigerenzer y el grupo ABC (cfr. Gigerenzer, et.al., 1999) y que Nickles ha estudiado también en los últimos años (cfr. Nickles, 2016).

Como podemos apreciar, las diferencias entre estas propuestas son sutiles y siguen siendo poco claras, problema que se presentará a lo largo de toda esta investigación. Además, cabe destacar que cada propuesta tiene defensores y que no hay una tendencia clara, en general, a favor de una propuesta o de la otra.

En el siguiente apartado mostraré algunos de los problemas de la distinción entre lógica y metodología del descubrimiento que he encontrado, pero antes de pasar a ello quiero destacar cómo la propuesta de la geometría de postular dos métodos: análisis y síntesis, puede entenderse como una instancia del planteamiento de la división entre contextos.

En ambos casos, en la geometría griega y en la distinción entre contextos, se hace una distinción entre dos tipos de procesos (descubrimiento-justificación por un lado, y análisis-síntesis por el otro), uno de estos procesos parece ser sistematizable o presentable en términos lógicos (justificación/síntesis), mientras que el otro no lo es (descubrimiento/análisis).

Aunque los procesos, de descubrimiento en un caso y análisis en el otro, están asociados con factores de incertidumbre, también se tiene la convicción de que este tipo de procesos sí son analizables en alguna medida y que su estudio es interesante para la formación de los científicos en general. Sin embargo, como veremos en el siguiente apartado, la manera de entender este tipo de procesos (descubrimiento-análisis-heurística) no es del todo clara y, por tanto, tampoco es clara su diferenciación con la lógica.

1.3.3. Problemas de la distinción entre lógica y metodología del descubrimiento

Como acabamos de ver, Schickore y el mismo Nickles, sostienen la idea de que es posible diferenciar a los defensores de las “lógicas del descubrimiento”, de los que solo proponen una “metodología del descubrimiento”. Y al menos Nickles considera que las propuestas que involucran a las heurísticas se encuentran dentro del segundo grupo. Sin embargo, a partir de la investigación realizada para este trabajo, encuentro que esta separación no es clara y que, por el contrario, tanto en las propuestas “lógicas” como en las “metodológicas”, terminan apareciendo elementos que se supone corresponderían a la clasificación contraria. Mostraré esto con una discusión breve de las propuestas de Peirce y Lakatos.

1. 3.3.1. a. La abducción en el pensamiento de Charles Sanders Peirce

Como hemos visto, los defensores de la posibilidad de hablar de una “lógica del descubrimiento” recurren a una noción “amplia” de lógica, esto significa que ya no están pensando en la Lógica solo como la lógica clásica. En consecuencia, las propuestas de este tipo necesitan especificar en qué consiste la amplitud a la que se refieren.

Veamos el caso más paradigmático de las propuestas de la lógica del descubrimiento: la abducción, sistema propuesto por primera vez por el filósofo norteamericano Charles S. Peirce. Para Peirce, la abducción es “el proceso de construir una hipótesis explicativa” (Peirce, *CP*, 1903, 5.189) y la forma lógica asociada a este proceso es la siguiente:

Se observa el hecho sorprendente C.
Pero si A fuera verdadera, C sería una cosa normal.
Por lo tanto, hay una razón para sospechar que A es verdadera.
(Peirce, *CP*, 1903, 5.189).

Como señala Aliseda, en la propuesta de Peirce hay dos criterios importantes para evaluar una hipótesis explicativa: 1) corroboración, que se refiere a que la hipótesis solo es una sugerencia hasta que no se pone a prueba de manera empírica y 2) economía, el cual se refiere a que dado que puede haber muchas hipótesis que cumplan con la formulación lógica mencionada, se necesita un criterio para seleccionar la mejor explicación dentro de las que son sujetas a corroboración empírica.³²

Para Peirce, la abducción juega un papel importante en la percepción y está presente en el proceso general de la invención, pues ésta es la única operación lógica que permite la generación de nuevas ideas. Con todo esto, la abducción parece ser tanto un “acto de intuición como uno de inferencia”, como lo ha propuesto Anderson (1986, pp. 155-156).

A partir de esta breve descripción de la abducción mencionaré tres de las características que hacen que sea una propuesta con una dimensión epistémica más “amplia” que la lógica clásica:

a) la abducción incluye elementos novedosos y elementos de incertidumbre, mientras que la lógica clásica, al ser deductiva, no incluye estos elementos.

b) el criterio de economía es muy similar a la noción de heurística que aparecerá en otras disciplinas, en particular en la Psicología Cognitiva y en las

³² Hay una discusión sobre lo que Peirce quería sostener al referirse al principio de economía. La lectura que yo sostengo del mismo es similar a la de Duarte: “Peirce maneja la noción de economía en la investigación como algo que hay que considerar en las labores científicas con el fin de no exceder el gasto de dinero, tiempo, energía y pensamiento” (Duarte, 2016, p. 94). Sin embargo, para profundizar en las diversas maneras de entender este principio puede consultarse Fann, 1970; Rescher, 1978; Brown, 1983; Génova, 1997; Wirth, 1998; Aliseda, 1998; Kapitan, 1992 y Niño, 2007.

Ciencias Computacionales (abundaré sobre este punto en los capítulos 2 y 3 respectivamente).

c) Será interesante contrastar la noción de abducción presentada aquí, con las nociones de heurística presentes en las propuestas de la Psicología cognitiva porque, aunque presentan elementos similares, también parecen oponerse en buena medida.

Por ejemplo, de acuerdo con la propuesta de Kahneman, en la que hay dos tipos de procesos, resultaría difícil aceptar de entrada la definición de abducción como un proceso que está vinculado “tanto con la intuición como con la inferencia”. Sobre este punto profundizaré en el capítulo 2.

Si bien he mencionado estos elementos como parte de la “amplitud” de la abducción con respecto a la lógica clásica, en realidad, ésta es una aproximación informal y desde una perspectiva lógica y metalógica formal, habría que decir mucho más sobre las diferencias entre la abducción y la lógica clásica; sin embargo, considero que la aproximación hecha hasta el momento es suficiente para ofrecer una crítica al intento de distinguir entre lógica y metodología del descubrimiento.

El problema es que las tres características que acabo de mencionar son características que, en las propuestas de Psicología Cognitiva y en la de Ciencias Computacionales suelen relacionarse a la noción de heurística. Si bien, las propuestas sobre heurística presentan diferencias importantes entre sí, en todas las propuestas que incluyen a esta noción, las heurísticas se entienden como procesos útiles para enfrentar situaciones de incertidumbre y situaciones donde la cantidad de datos hace muy difícil, e incluso imposible, hacer un análisis de tipo lógico deductivo clásico; sin embargo, como acabamos de ver, estos elementos se encuentran también en la caracterización de la abducción que acabo de presentar.

1.3.3.1.b. Las heurísticas en la propuesta metodológica de Lakatos

Uno de los textos más relevantes para la presente investigación, en el que Lakatos recurre a la noción de heurística, es *Pruebas y refutaciones* (1978), en donde retoma el método de “análisis” propuesto por los geómetras griegos y ofrece una serie de “estrategias” que tienen la finalidad de ampliar el conocimiento en Matemáticas y enfrentar las dificultades que entrañan los procesos de descubrimiento y la construcción de pruebas en esta disciplina.

Estas estrategias, son precisamente las “heurísticas” que Lakatos propone como herramientas útiles para las Matemáticas, entre ellas están, por ejemplo: “la construcción de pruebas para el establecimiento de conjeturas, la presentación de contraejemplos locales o globales que falseen las pruebas o la conjetura misma, el ajuste de las pruebas y las conjeturas a los contraejemplos propuestos, ... etc.” (de Francisco, 1993, pp. 44-45).

Ian Hacking (1979) considera que en *Pruebas y refutaciones* Lakatos está buscando, todavía, ofrecer un conjunto de técnicas de descubrimiento independientes de la teoría que se tenga. Más adelante, en sus programas de investigación científica, Lakatos incorporará a las heurísticas como parte de la metodología científica, de modo que ya no serán independientes del contenido, sino que las heurísticas acompañarán a las proposiciones principales de las teorías, mostrando de qué manera las teorías se relacionan con sus anomalías (cfr. Hacking, 1979, p. 390).

Si bien en un principio, la noción de heurística de Lakatos era muy similar al “análisis” de los geómetras griegos y si bien las heurísticas siempre van a estar relacionadas con el descubrimiento (la generación de conocimiento), en su propuesta metodológica más madura, Lakatos ya no busca heurísticas generales,

sino que tanto la lógica de descubrimiento como la de justificación, dan paso a muchas estrategias locales para obtener descubrimientos de dominios específicos (cfr. Hacking, 1979, p. 391).

A continuación, recupero dos citas de Lakatos, en donde hace referencia a lo que entiende por heurística, para mostrar cómo caracteriza a esta noción, cuál es el papel que tienen las heurísticas en la metodología científica (según su perspectiva) y cuál es su relación con la Lógica.

Cuando hablan de descubrimiento, los formalistas distinguen *el contexto de descubrimiento* y *el contexto de justificación*. (...) Cuando (en 1934 de hecho) Popper dividía los aspectos del descubrimiento en Psicología y lógica, de tal modo que no quedase lugar para la heurística como campo de investigación independiente, es obvio que aún no se había dado cuenta de que su <<lógica del descubrimiento>> era algo más que el mero patrón *estrictamente lógico* del progreso de la ciencia. Esta es la fuente del carácter paradójico del título de su libro, cuya tesis parece tener dos caras: a) no hay una lógica del descubrimiento científico, tanto Bacon como Descartes estaban equivocados y (b) la lógica del descubrimiento científico es la lógica de conjeturas y refutaciones. La solución de esta paradoja está a la mano: a) no hay lógica *infalibilista* del descubrimiento científico que conduzca infaliblemente a resultados, y b) existe una lógica falibilista del descubrimiento que es la lógica del progreso científico. Mas Popper, que ha echado las bases de *esta* lógica del descubrimiento, no estaba interesado en la meta-pregunta de cuál era la naturaleza de esta investigación, por lo que no se dio cuenta de que no es la ni Psicología ni la lógica, sino una disciplina independiente, la lógica del descubrimiento, la heurística (Lakatos, 1978, p. 167, nota 41).

Lakatos, como podemos apreciar, nos ofrece aquí una caracterización de la heurística muy cercana a la que presenté al inicio del capítulo y a la de los geómetras griegos: la heurística está relacionada con el descubrimiento científico, es falible y es independiente tanto de la "Lógica" como de la Psicología; sin embargo, hay que notar que Lakatos le llama "lógica del progreso científico", ¿con esto Lakatos estaría comprometiéndose con la idea de que es posible tener una "lógica" del

descubrimiento y no solo una “metodología” del mismo? En mi opinión, cuando Lakatos hace estas afirmaciones no está considerando el problema de la manera en que lo hemos propuesto aquí (lógica *vs.* metodología del descubrimiento). En cualquier caso, creo que es claro que Lakatos abogaría por hablar de una metodología del descubrimiento, pero no estoy segura de que pudiera decirse que defendería la idea de una “lógica del descubrimiento” en un sentido más amplio.

Veamos ahora la siguiente cita: “La heurística matemática es muy similar a la heurística científica, no porque ambas sean inductivas, sino porque ambas se caracterizan por conjeturas, pruebas y refutaciones” (Lakatos, 1978, p. 92).

En esta cita se muestra que Lakatos entendía a la “heurística” en general, como la metodología que abarcaba a todas las demás herramientas metodológicas (conjeturas, pruebas, refutaciones), de este modo, parece incluso subsumir en alguna medida a la Lógica dentro de la heurística, pues al incluir las pruebas dentro de este conjunto, podemos decir que una prueba lógica podría formar parte de una estrategia heurística más amplia para favorecer una teoría sobre otra rival, por ejemplo.

Como podemos apreciar la relación entre Lógica y heurística se presenta de una manera compleja en el planteamiento de Lakatos y existen algunas preguntas para las que la respuesta no es clara: ¿es posible o no hablar de una “lógica del descubrimiento” y no solo de una “metodología del descubrimiento”? ¿Cuál es la relación entre Lógica y heurística en su propuesta?

1.3.3.2. Elementos “lógicos” en las propuestas heurísticas de Psicología Cognitiva y Ciencias Computacionales

Como hemos visto, la breve discusión sobre las propuestas de Peirce y Lakatos muestra la dificultad para distinguir entre “lógicos del descubrimiento” y “amigos

del descubrimiento” y a lo largo de este trabajo mostraré que esta dificultad se relaciona de manera muy importante con lo que se entiende por heurística y con la manera en que se suele asociar al descubrimiento.

Por otro lado, también suelen encontrarse elementos “lógicos” en algunas de las propuestas que tienen a la heurística como noción central. En particular, como se verá con profundidad en el capítulo 2, para Gigerenzer y el grupo ABC es posible considerar a las heurísticas desde una perspectiva normativa, además ellos también defienden que es posible caracterizar a estas heurísticas como algoritmos. Como se mencionó anteriormente, una de las primeras propuestas para caracterizar a las heurísticas implicaba, justamente, distinguirlas de procesos algorítmicos, típicamente asociados a procesos lógicos. Como veremos, en Ciencias Computacionales también se habla de “algoritmos heurísticos” y la discusión sobre este punto en el capítulo 3 contribuirá a aclarar cuál es la oposición (si es que la hay) entre algoritmo y heurística, lo cual también arrojará luz sobre esta discusión en el área de Filosofía de la Ciencia.

1.4. Conclusiones y problemas por resolver

A partir de lo dicho hasta aquí, presentaré ahora los problemas fundamentales a los que intentaré responder a lo largo del desarrollo de este trabajo, y que tienen que ver con el tema principal de esta tesis: las relaciones entre lógica y heurística.

Los problemas a los que me refiero son los siguientes:

a) Cuestionar si es pertinente mantener la distinción entre “lógicas del descubrimiento” y “metodología del descubrimiento” por lo que he mostrado en los apartados anteriores: los criterios que se proponen para hacer esta distinción no son claros y hay elementos que se traslapan en ambas propuestas.

b) Para poder enfrentar la pregunta anterior, hay que aclarar, por un lado, qué se entiende por “ampliar” la noción de Lógica y por otro, qué se entiende por heurística. La aclaración de estos términos ayudará a decidir si es necesario o no distinguir entre “lógica” y “metodología” del descubrimiento.

c) La aclaración de la noción “amplia” de Lógica implica decir en qué sentido se diferencia esta noción con respecto a la lógica clásica y explicitar los alcances y limitaciones que tenga la propuesta de Lógica que se busque defender.

d) La aclaración de la noción de “heurística” implica explicitar si esta noción se entiende de manera normativa o descriptiva y si se considera que puede ser expresada en términos de algoritmos o no.

Como veremos en los siguientes capítulos, hay distintas propuestas que responden a estas problemáticas de diferentes maneras. Parte de mi trabajo en esta investigación será distinguir con claridad estas propuestas y mostrar los alcances y las limitaciones de cada una, así como sus puntos de convergencia, para finalmente ofrecer mi propia respuesta a estas problemáticas.

Como hemos visto, sostener la distinción entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación es muy complicado, porque esta distinción puede entenderse de muchas maneras diferentes y además hay críticas interesantes a cada una de estas propuestas. Sin embargo, si observamos el paralelismo entre esta distinción y la propuesta matemática de separar los métodos de análisis y síntesis, podemos darnos cuenta de que los problemas vinculados con estas distinciones son perennes y están lejos de ser resueltos o disueltos con facilidad, y considero que un análisis de las propuestas lógicas desarrolladas en los últimos años, que buscan acercarse a los procesos de descubrimiento, así como un análisis de las propuestas

de Psicología y Ciencias Computacionales que tienen como eje central a las heurísticas, pueden aportar elementos clarificadores a esta discusión. Así, en los siguientes capítulos revisaré las propuestas de las disciplinas recién mencionadas para, en el último capítulo, ofrecer mi respuesta a los problemas planteados.

CAPÍTULO 2. HEURÍSTICA Y LÓGICA EN PSICOLOGÍA COGNITIVA

Introducción

Se suele situar el origen de la Psicología Cognitiva entre los años 1950 y 1960, aunque se pueden encontrar antecedentes de la misma desde los años 30. La Psicología Cognitiva se caracterizará por oponerse en buena medida a las propuestas de Psicología introspectiva y al conductismo y desarrollar sus teorías con un enfoque computacional, por lo que su origen se encuentra muy ligado al desarrollo de la computación a partir del trabajo de Alan Turing. Entre quienes dieron origen a esta disciplina se encuentran el neurofisiólogo Warren McCulloch y el matemático Walter Pitts y entre los investigadores que han realizado aportes importantes para la misma están Zenón Pylyshyn, Karl Lashley, Noam Chomsky, Allen Newell, J. C. Shaw y Herbert Simon, entre otros (cfr. Riviére, 1991). La Psicología Cognitiva, a su vez, forma parte de las ahora llamadas Ciencias Cognitivas, un conjunto de disciplinas que, en términos muy generales, buscan entender cómo funciona la mente humana. El trabajo de Newell, Shaw y Simon es relevante también para estas ciencias en general (cfr. Aliseda, 2007, p. 23).

La Psicología Cognitiva es una de las disciplinas que actualmente se ocupa de estudiar los procesos de razonamiento humano. En general, los distintos modelos que buscan explicar los procesos de razonamiento toman a la lógica clásica formal como uno de los criterios normativos para hablar de razonamiento correcto y suelen presentar a las heurísticas como procesos de razonamiento que no siguen, por algún motivo, los lineamientos de la lógica clásica o de la teoría de la probabilidad.

En este capítulo discutiré el proyecto conocido como “heurística y sesgo” de Kahneman y Tversky y el proyecto de “racionalidad ecológica” de Gigerenzer y el grupo ABC. Mostraré cómo se entienden en las dos propuestas las nociones de lógica

y heurística, cómo en los dos proyectos la lógica y la heurística se delimitan entre sí y presentaré algunas semejanzas y diferencias entre estas dos propuestas teóricas. Finalmente, cerraré el capítulo con una noción general de heurística que se desprende de las investigaciones aquí estudiadas y mostraré cómo esta noción de heurística es muy similar a la que se discutió en el capítulo 1 y que aparece en las discusiones sobre metodología científica.

2.1. El modelo estándar de la racionalidad

Al comenzar las investigaciones sobre razonamiento en el área de la Psicología Cognitiva, la mayoría de los investigadores asumieron, de manera implícita o explícita el llamado “modelo estándar de la racionalidad”. Este modelo es presentado por Edward Stein (1996) de la siguiente manera:

Ser racional es razonar de acuerdo con principios de razonamiento que están basados en reglas de la lógica, teoría de la probabilidad y afines. Si el modelo estándar de la racionalidad es correcto, los principios de razonamiento que están basados en esas reglas son principios normativos de razonamiento, así, ellos son los principios de acuerdo con los cuales debemos razonar (Stein, 1996, p. 4).

Desde esta perspectiva se entiende por “reglas de la lógica” a las reglas de la lógica deductiva clásica, que son reglas que transmiten verdad y son determinísticas. Este modelo representó un punto de partida para la investigación científica sobre los procesos de razonamiento, pero muy pronto se enfrentó a diversos resultados experimentales que mostraban que había situaciones en las cuales las personas no razonaban de acuerdo con las reglas de la lógica, ni de la probabilidad.

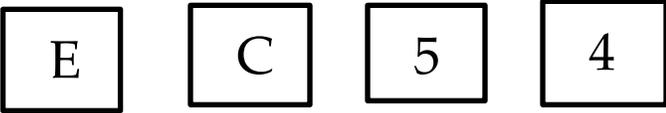
2.1.1. Resultados experimentales contra el modelo estándar de la racionalidad

a) El experimento del condicional material de Wason

Una de las primeras investigaciones que mostró los problemas de considerar a

la lógica clásica como un criterio normativo del razonamiento fue realizada por Wason entre 1966 y 1968. En un experimento, ahora clásico, Wason quería determinar si las personas usaban correctamente la regla del condicional material, para lo cual diseñó el siguiente problema que aparece en la Figura 5 (cfr. Samuels, Stich y Faucher, 2004, p. 4):

Aquí hay cuatro cartas. Cada una de ellas tiene una letra en un lado y un número del otro lado. Dos de estas cartas muestran la letra; y las otras dos muestran el número.



Indique cuáles de estas cartas habría que voltear para determinar si el siguiente enunciado es verdadero:

“Si una carta tiene una vocal de un lado, entonces tiene un número impar del otro lado.”

Figura 5

Las personas solo veían un lado de las cartas, las cuales mostraban alguna de las siguientes figuras: una vocal, una consonante, un número impar y un número par. La pregunta que se planteaba a los participantes en el experimento era qué cartas deberían ver por ambos lados para poder saber si el condicional material expresado en el ejemplo era verdadero o no. En lógica clásica, el condicional material solo es falso cuando el antecedente es verdadero y el consecuente falso; en consecuencia, para poder evaluar si el condicional del ejercicio es verdadero habría que voltear dos cartas: la carta con la vocal, para asegurarse que del otro lado hay un número par y la carta con el número par, para asegurarse que del otro lado no hay una vocal. Si alguna de las dos condiciones no se cumpliera, el condicional sería falso.

Sin embargo, en la aplicación del experimento, la mayoría de las personas contestó que se debería voltear la carta con la vocal y la carta con el número impar o que bastaba con observar la carta con la vocal. Así, las personas no razonaron de acuerdo con la regla que se esperaba. Este experimento ha sido ampliamente discutido y replicado y es interesante que, en la mayoría de los casos, si se presenta de manera idéntica al de este ejemplo, las personas responden incorrectamente según las reglas de la lógica clásica. Si el experimento se presenta modificando los enunciados, o dando más explicaciones del problema, el porcentaje de error con que responde la gente varía mucho (cfr. Hernández y Parra, 2015 y Johnson-Laird, 2011, por mencionar solo algunos). Este experimento resultó altamente significativo para cuestionar cuál era realmente el papel de la lógica clásica formal en los procesos de razonamiento humano; en general, el día de hoy se sigue considerando a la lógica clásica como un criterio normativo fundamental (cfr. Hernández y Parra, 2015, por ejemplo), pero los resultados experimentales problemáticos abrieron la puerta a propuestas que comenzaron a alejarse en alguna medida de este criterio.

b) El experimento de la falacia de la conjunción

De manera semejante al problema de las cartas, hay un experimento clásico que muestra que las personas tampoco razonan siguiendo las reglas de la teoría de la probabilidad. El experimento que muestra esto suele ser llamado como el problema de “Linda, la cajera feminista” y está asociado a lo que se conoce ahora como “falacia de la conjunción”. El caso de Linda fue propuesto y estudiado experimentalmente por Tversky y Kahneman (1974). Con este experimento se mostró que había una tendencia a que las personas no razonaran de manera sistemática de acuerdo con el principio de conjunción de la teoría de la probabilidad,

el cual sostiene que la probabilidad de que ocurran dos eventos es menor o igual a la probabilidad de que ocurra solo uno de los dos: $Pr(A) \geq Pr(A \text{ y } B) \leq Pr(B)$.

A los participantes en el experimento se les daba la siguiente descripción de una mujer: "Linda tiene 31 años, es soltera, extrovertida y muy brillante. Se especializó en Filosofía. Mientras era estudiante ella estaba muy involucrada con temas de discriminación y justicia social y también participó en protestas antinucleares" (Kahneman, 2003a, p. 709).

Una vez que los participantes sabían estos datos, se dividía al grupo en 2, y a todos se les daba una lista de 8 afirmaciones que podían describir el empleo actual de Linda y sus actividades: el primer grupo tenía que numerar los enunciados de acuerdo con la similitud de ellos con la descripción que se les proporcionó de Linda, mientras que el segundo grupo tenía que ordenar los enunciados de acuerdo con cuál era el más probable y cuál el menos probable. Entre las afirmaciones, las cruciales para el experimento eran las siguientes:

- (1) Linda es cajera de un banco.
- (2) Linda es cajera de un banco y activista del movimiento feminista.

La mayoría de las personas en los dos grupos respondió que (2) era más probable que (1). Esta respuesta es correcta para la pregunta que se hizo al primer grupo, sin embargo, es incorrecta para el segundo, pues desde el punto de vista de la teoría de la probabilidad es más o igualmente probable que Linda solo sea cajera de un banco, a que sea cajera de un banco y activista del movimiento feminista.

Al igual que con el experimento de las cartas de Wason, el caso de Linda, la cajera feminista, ha sido ampliamente discutido y replicado (cfr. por ejemplo, Hertwig y Gigerenzer, 1999 y Moro, 2009) y se han ofrecido diferentes interpretaciones de los resultados experimentales. Como veremos más adelante, las respuestas incorrectas en este caso pueden y suelen entenderse también como

errores de índole lógica, y por esto es, de igual forma, un caso relevante para la presente investigación.

Dado que el resultado de estos y otros experimentos arrojó que las personas no solían razonar de acuerdo con las reglas de la lógica clásica y de la probabilidad, surgieron nuevas propuestas para explicar el razonamiento. Entre éstas, aparecieron algunos proyectos con la noción de “heurística” como la noción clave.

2.2. Heurística en Psicología Cognitiva

En términos muy generales, las heurísticas se entienden en la Psicología Cognitiva contemporánea como “estrategias que nos permiten realizar inferencias plausibles economizando recursos cognitivos” (Fonseca, A. L., 2014, p. 6). La idea detrás de esta caracterización de las heurísticas es que nuestros procesos de razonamiento están limitados, o porque no podemos manejar toda la información que tenemos, o porque la información que tenemos está incompleta; en consecuencia, las inferencias que podremos hacer en estos casos no serán determinísticas y muchas veces, estas inferencias tratarán de realizarse con la menor cantidad de cálculos o pasos posibles, aunque corramos el riesgo de cometer errores. Esto implica, en general, que los razonamientos de tipo heurístico no seguirán las reglas de la lógica clásica o de la teoría de la probabilidad, con lo cual nos alejamos ya del modelo estándar de la racionalidad. A partir de este primer acercamiento, encontramos propuestas en las que se caracteriza a las heurísticas y se proponen modelos de razonamiento con ellas como base.

En este trabajo discutiré las propuestas de heurística y sesgo (*HS*) de Kahneman y Tversky y el proyecto de racionalidad ecológica (*RE*) de Gigerenzer y el grupo ABC y analizaré sus puntos de encuentro y desencuentro. Si bien ambos proyectos son distintos e incluso parecen oponerse de manera radical, es posible

defender las siguientes tesis:

a) En ambos proyectos, la noción de heurística se asocia a procesos de razonamiento que se oponen, en alguna medida, a procesos “estándares”, generalmente vinculados a la lógica clásica o a la teoría de la probabilidad.

b) En ambos proyectos, hay un factor de incertidumbre asociado a la noción de heurística, el cual genera diversos problemas para el estudio de los procesos heurísticos.

c) Si bien, el proyecto *HS* es en buena medida descriptivo, ambos proyectos pueden ser considerados como “normativos” en alguna medida.

Veamos cómo aparecen estos elementos en ambos proyectos.

2.3. La propuesta “heurística y sesgo” de Kahneman y Tversky

Daniel Kahneman y Amos Tversky trabajaron desde los años setenta del siglo XX en la investigación llamada por ellos mismos “heurística y sesgo”.³³ Desde esta propuesta se explica que las personas no razonen de acuerdo a la lógica clásica y la probabilidad (como en los experimentos mencionados en la sección anterior) al sostener que al realizar nuestros juicios de razonamiento nos apoyamos en procesos

³³ Kahneman y Tversky trabajaron juntos aproximadamente desde 1968 y publicaron varios artículos en conjunto en las décadas de los 70 y los 80. La muerte de Tversky en 1996 implicó el final de su colaboración. Kahneman obtuvo el premio Nobel de Economía en el año 2002, en buena medida gracias al trabajo que realizó con Tversky. Por este motivo, en los años 2002 y 2003, Kahneman escribió varios artículos sobre la propuesta que hicieron en conjunto Tversky y él, corrigió algunos elementos de las primeras formulaciones de ésta, y organizó sistemáticamente los diversos elementos involucrados en ella (Cfr. Kahneman y Frederick, 2002 y Kahneman, 2003a, 2003b). En consecuencia, en este trabajo me apoyaré principalmente en estos últimos artículos para presentar la propuesta *HS*, y por eso, aunque la propuesta haya sido originalmente de ambos investigadores, las referencias a la misma recaerán en muchos lugares solo en los últimos artículos de Kahneman al respecto.

cognitivos “heurísticos” que realizamos de manera rápida y con la menor cantidad de recursos posibles, sin que haya deliberación de por medio. Para estos autores, las heurísticas son útiles pues nos ayudan a reaccionar rápidamente, lo que es necesario en algunas situaciones, pero también son procesos que pueden conducirnos a errores sistemáticos (sesgos) en nuestra manera de razonar. Kahneman y Tversky dedicaron una muy buena parte de su investigación a estudiar estas heurísticas como modelos de estrategias de decisión que nos revelan sesgos cognitivos.

Cabe destacar que Kahneman señala que, en esta investigación, él y Tversky exploraron “un territorio que Herbert A. Simon había definido y nombrado –la Psicología de la racionalidad limitada” (Kahneman, 2003a, p. 697). Esto es muy relevante para el presente trabajo considerando que el trabajo de Herbert A. Simon también es parte fundamental de esta investigación y se discutirá en los siguientes capítulos.

2.3.1. Sistema 1 y Sistema 2: Intuición vs. Razonamiento

Kahneman nos dice que su investigación con Tversky se ocupó, principalmente, de tres grandes áreas: juicios heurísticos, elecciones con riesgo y los efectos asociados a ellos. En los tres casos, se apoyaron en dos ideas que Kahneman considera centrales para la Psicología cognitiva en las últimas décadas: 1) los pensamientos difieren en accesibilidad, es decir, algunos vienen a la mente mucho más fácilmente que otros y 2) se fueron desarrollando “teorías duales de sistemas” que se correspondían con la propuesta de Kahneman de distinguir entre procesos de pensamiento intuitivos y procesos de pensamiento deliberados. Estas ideas se fueron refinando, por lo que, con los años, llegaron a la “visión de los dos sistemas”. El sistema 1 corresponde a la intuición y el sistema 2 corresponde al razonamiento:

Las operaciones del sistema 1 son típicamente rápidas, automáticas, sin esfuerzo, asociativas, implícitas (no disponibles a la introspección), y muchas veces cargadas emocionalmente; ellas están también gobernadas por el hábito y son difíciles de controlar o modificar. Las operaciones del Sistema 2 son más lentas, seriales, requieren de esfuerzo, están más cerca de ser monitoreadas conscientemente y controladas deliberadamente; son también relativamente flexibles y potencialmente gobernadas por reglas (Kahneman, 2003a, p. 698).

Kahneman (2003a, p. 698) presenta un cuadro (Figura 6) en donde se muestran ambos sistemas. Como se puede apreciar, el sistema 1 está mucho más cercano a la percepción mientras que el sistema 2 está más lejos de ella:

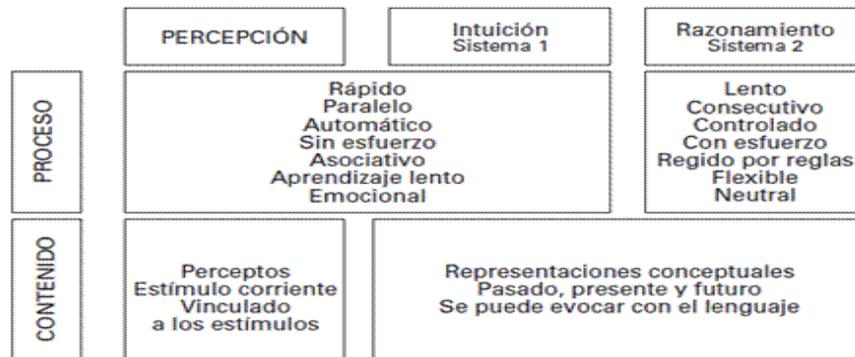


Figura 6

Dado que el sistema 1 genera respuestas prácticamente inmediatas, es más susceptible de realizar juicios erróneos y de producir errores sistemáticos en los procesos de razonamiento. Como mencioné anteriormente, estos errores son los que se presentan en las discusiones como “sesgos”. Las investigaciones de Kahneman y Tversky se enfocaron en caracterizar los errores y sesgos asociados a los procesos cognitivos del sistema 1.

Por otro lado, en esta propuesta se plantea que hay una estrecha relación entre los sistemas 1 y 2, de modo que el sistema 2 está monitoreando constantemente los

juicios del sistema 1. En muchos casos el sistema 2 corregirá los errores generados por el sistema 1, pero incluso con esta función de monitoreo, puede ser que persistan algunos errores asociados al sistema 1, por cuestiones que explicaremos más adelante.

2.3.2. Accesibilidad y juicios heurísticos

Kahneman y Tversky se dieron cuenta de que los errores cometidos en los juicios que asociaron al sistema 1 tendían a ser sistemáticos, es decir, se repetían una y otra vez, y eran propensos a ser ejecutados por todas las personas, incluso por personas expertas en los problemas que se planteaban en los experimentos y de quienes se esperaba que respondieran correctamente o que no cometieran errores.

Kahneman considera que la clave para entender los procesos cognitivos del sistema 1 es la noción de accesibilidad. Para este autor, los resultados experimentales arrojan la conclusión de que, en los juicios intuitivos, las personas razonan con los elementos que son más accesibles para ellos en la situación en la que se encuentran. A este tipo de juicios, que se caracterizan por realizarse bajo presión y con poco tiempo, que están mediados por atributos como la similaridad y la fluidez asociativa, y que no suelen considerar opciones porque en la mayoría de los casos una sola opción aparece a la mente, son a los que llamaron “juicios heurísticos”. Al respecto, Kahneman abunda: “Se dice que un juicio es mediado por una heurística cuando el individuo evalúa un *atributo de destino* especificado de un objeto de juicio sustituyéndolo por un *atributo heurístico* relacionado que aparece más pronto a la mente” (Kahneman, 2003a, p. 707). Esto es similar a un proceso en el que una persona que se enfrenta a una pregunta difícil, en lugar de resolverla, sustituye la pregunta por una más sencilla y ésta es la que resuelve.

Más adelante, Kahneman nos dice: “La palabra *heurística* se usa en dos sentidos en la nueva definición. El sustantivo refiere al proceso cognitivo, y el adjetivo en *atributo heurístico* especifica el atributo que es sustituido en un juicio particular” (Kahneman, 2003a, p. 707).

Kahneman considera que con la propuesta de sustitución de atributos puede explicarse lo que pasa en el problema de Linda, presentado anteriormente. En este caso, la similitud de la descripción de Linda con la afirmación (2), en la que se decía que Linda era cajera y feminista, es una “valoración natural altamente accesible”, es decir, es mucho más fácil y rápido notar la similitud de la afirmación (2) con la descripción general dada de Linda, que enfrentar el problema con el principio de conjunción de la teoría de la probabilidad. En consecuencia, las respuestas de las personas del segundo grupo del experimento podrían explicarse diciendo que hicieron una sustitución de la pregunta que les correspondía por un atributo heurístico más accesible a ellos: la evaluación de la similitud de las descripciones dadas. Según Kahneman, es común que las personas que responden al problema no están confundidas con respecto a la pregunta que les hacen, sino que no se dan cuenta de que están respondiendo a una pregunta diferente; cuando notan la discrepancia y sospechan que hay un sesgo, modifican el juicio intuitivo o incluso lo abandonan. Por ejemplo, Kahneman cita un estudio realizado por Strack, et. al. (1988) quienes pidieron a estudiantes universitarios que respondieran una encuesta en la que se incluían las siguientes preguntas: “¿En general, estás muy contento con tu vida?” y “¿cuántas citas tuviste en el último mes?” Se hicieron estas preguntas a dos grupos de control, al primero en el orden recién presentado y al segundo se le hicieron las mismas preguntas en orden inverso. Los resultados arrojaron que en el segundo grupo las hubo una correlación muy fuerte entre las respuestas dadas a las dos preguntas, lo que no sucedió en el primer grupo. En general, los participantes

en el estudio no se daban cuenta de la manera en que habían correlacionado las preguntas ni de que, además, muy posiblemente, habían respondido la segunda pregunta también desde el ámbito emocional.

Dado que este tipo de mecanismos de sustitución de atributos puede operar en situaciones de muy diversa índole, en las que las personas hacen juicios que no intentaban hacer, Kahneman considera que, consecuentemente, no puede ofrecerse una lista determinada y finita de atributos heurísticos; esto es relevante porque significa que no puede plantearse la posibilidad de tener una disciplina general de las heurísticas (Heurística).

Como ya se mencionó, la propuesta de Kahneman asume que el sistema 2 monitorea constantemente los juicios tentativos y las intenciones que el sistema 1 produce. Esto implica que los errores de los juicios intuitivos se deben a fallas de los dos sistemas. El sistema 1 genera el error y el sistema 2 falla en detectarlo y corregirlo.

Kahneman, (2003a, 2003b) ofrece una pequeña lista de “heurísticas prototipo”, que serían procesos cognitivos que tendemos a realizar cotidianamente, los cuales comparten un mecanismo común y un patrón consistente de “ilusiones cognitivas” similares a las del ejemplo de Linda, es decir, el estudio de estos prototipos ilustra también las condiciones bajo las cuales el sistema 2 previene o reduce los sesgos de juicio. Por ejemplo, en el caso de la cajera Linda, una vez que las personas ya han estudiado probabilidad y se les ha explicado en qué consistió su error, harán uso de su sistema 2 la próxima vez que se les presente un problema similar y se equivocarán menos al intentar resolverlo.

Sobre las heurísticas prototipo, Kahneman nos dice que su funcionamiento se da de la siguiente manera: siempre que percibimos un conjunto de elementos que es lo suficientemente homogéneo como para tener un prototipo, la información

relacionada con este último es accesible automáticamente.³⁴ “Por ejemplo, el prototipo almacenado de un conjunto de líneas permite tomar una decisión rápida sobre una nueva -¿Pertenece dicha línea al conjunto?” (Kahneman, 2003b, p. 206).

El prototipo de un conjunto se caracteriza por los valores medios de las propiedades más importantes de sus miembros. La accesibilidad de la información del prototipo permite que los estímulos nuevos sean clasificados eficientemente, mediante la comparación de sus rasgos con los de los prototipos de la categoría. Por eso, cuando se tiene que realizar un juicio sobre un problema con procesos que no tienen el grado de accesibilidad de la heurística prototipo y el problema podría enfrentarse también con una heurística prototipo, es muy probable que se realice el juicio de manera equivocada recurriendo a ésta. Es importante señalar que la generación de prototipos no solo se da en heurísticas, sino también en otros procesos de razonamiento. Por ejemplo, cuando un niño pequeño aprende a clasificar objetos de acuerdo a su figura, su aprendizaje podría interpretarse como un caso de generación de prototipos. El niño genera los prototipos de cada una de las figuras y cada vez que ve un objeto nuevo en el mundo, lo clasifica de acuerdo a sus prototipos. En estos casos, parece que el ensayo y error son muy importantes para poder validar la generación de prototipos y en general el aprendizaje de las figuras.

Las propiedades que determinan a los prototipos son llamadas por Kahneman “atributos extensionales” y es posible describir estos atributos y dar la medida

³⁴Kahneman no ofrece una explicación más específica de estas “heurísticas prototipo”, me parece que cuando Tversky y él desarrollaron esta propuesta tenían en mente una gran cantidad de problemas y posibilidades de razonamientos heurísticos, en consecuencia, si la expresión “un conjunto de elementos suficientemente homogéneo” suena vaga es porque de hecho lo es. Para cada individuo un conjunto de este tipo puede estar dado por diferentes elementos y situaciones contextuales y por eso no es posible hacer propuestas generales de heurísticas más específicas.

relevante de su extensión. Kahneman considera que los juicios heurísticos se dan o tienen más propensión a darse cuando los atributos extensionales que deben considerarse para hacer el juicio o tomar una decisión son bajos en accesibilidad, como en el caso de Linda (en este caso el atributo que debe considerarse para resolver correctamente el problema es el derivado a partir de la teoría de la probabilidad, pero es mucho más accesible quedarse con el atributo de que es feminista) (cfr. Kahneman, 2003a, p. 712).

2.3.3. Relaciones entre Lógica y heurística en el proyecto “heurística y sesgo”

Como ya se ha mencionado, una de las tesis que defiende en este trabajo es que la noción de heurística se delimita a partir de consideraciones vinculadas con la lógica. En la propuesta de Kahneman y Tversky, esta delimitación se hace a partir de la propiedad lógica de monotonía.

Esta propiedad la cumplen todos los sistemas lógicos formales clásicos y en términos generales, lo que esta propiedad indica es que agregar fórmulas a una teoría nunca genera una reducción del conjunto de consecuencias que se obtenían de la teoría antes de agregar las nuevas fórmulas. Simbólicamente se expresa de la siguiente manera: Si $\Gamma \vdash A$, entonces $\Gamma \cup \Delta \vdash A$, donde A es una fórmula cualquiera, y Γ y Δ son conjuntos de fórmulas cualesquiera. En el caso de la propuesta *HS*, esta propiedad es aplicada no a conjuntos de fórmulas, sino a los atributos extensionales.

Kahneman explica las heurísticas y los sesgos como procesos que no respetan la estructura monotonía de los atributos heurísticos, y esto puede suceder de dos modos:

- (i) *Violación de la monotonía.* Al añadir elementos a un conjunto se puede reducir el promedio, llevando a que el cálculo de la variable objetivo arroje un resultado menor, en contra de la lógica de las variables extensionales. La

valoración habitual en el sentido de que es menos probable que Linda sea una cajera que una cajera feminista sirve para ilustrar este sesgo (Kahneman, 2003b, p. 207).

La “variable objetivo” se refiere al resultado que se busca en cada problema particular, las “variables extensionales” se refieren a posibles sustituciones heurísticas para enfrentar el problema. Otro ejemplo que muestra este caso de violación de la monotonía es el siguiente: List (2002) hizo un experimento en el que resultaba que quienes comerciaban con tarjetas deportivas le daban un valor mucho más elevado a un paquete con 10 cartas prácticamente nuevas, sin usar, que a un paquete que incluía las mismas 10 cartas más otras tres un poco más maltratadas.

Si se cumpliera la monotonía, las personas tendrían que estar dispuestas a pagar más por el paquete de 13 cartas que por el paquete de 10, pues se están conservando las mismas 10 cartas y se agregan algunas más. Sin embargo, como se señala en el ejemplo, esto no es lo que sucedió en el experimento. En esta circunstancia la “variable objetivo” se refiere al precio que se establece por cada paquete de cartas y las “variables extensionales” se refieren a los factores que influyen para que las personas obtengan un resultado distinto del esperado en la variable objetivo, en este caso podrían ser factores como que no se les diga a los compradores qué carta está dañada o que se quiera vender algo que él mismo comerciante alteró o podrían ser consideraciones que tuvieran que ver con la confianza (al haber algunas cartas dañadas se sospecha que las “buenas” también podrían estar dañadas o ser falsas, por ejemplo).

Veamos ahora la segunda manera en que se pierde la monotonía:

(ii) *Olvido de la extensión*. Manteniendo las demás variables iguales, un incremento en la extensión de una categoría aumentará el valor de los atributos

extensionales, pero no modificará los valores de sus atributos prototípicos (...) (Kahneman, 2003b, p. 207).

Los atributos prototípicos son los atributos heurísticos que sustituyen al atributo que se está buscando en el problema dado. Estos atributos heurísticos tienen el inconveniente de que su extensión puede no corresponderse con la extensión de los atributos que realmente se buscan y que son menos accesibles. Para ilustrar este caso, es común presentar el de un experimento realizado por Desvousges, et.al. (1993) en el que se preguntaba a las personas si estaban dispuestas a contribuir con dinero para prevenir que las aves migratorias se ahogaran. Se proponía a las personas un diferente número de pájaros que se salvarían, de modo que se esperaba que ellas estuvieran dispuestas a dar cantidades diferentes de dinero, de manera proporcional a la cantidad de aves consideradas. Sin embargo, se encontró que las personas estaban dispuestas a dar entre 80 y 88 dólares para salvar a una cantidad de aves propuesta entre 2000 y 200000. Como se puede apreciar la desproporción entre la cantidad de aves que se salvarían y lo que la gente estaría dispuesta a dar es muy grande. Esto se explica porque la cantidad de dinero está asociada de manera fuerte a un atributo prototípico, de modo que no se tiene en cuenta el número de aves consideradas en el problema, a esto se refieren con "olvido de la extensión".

El segundo tipo de sesgo podría explicar los resultados del problema de Wason en el que se evaluaba el uso del condicional material con el problema de las cartas. De acuerdo con esta interpretación, podemos explicar los errores al responder este problema, señalando que la regla del condicional material (que nos dice que el condicional solo es falso cuando el antecedente es verdadero y el consecuente falso), es menos accesible para las personas, y no se dan cuenta de que la consideración de las condiciones de los casos falsos son las que les permitirían resolver la pregunta que se les plantea. En consecuencia, en vez de buscar el atributo "falso", lo

sustituyen por la búsqueda del atributo “verdadero”, que, en términos de Kahneman, no cuenta con la extensión adecuada para resolver el problema planteado (porque pensar en los casos verdaderos implica omitir uno de los casos que debe tenerse en cuenta) y por eso las respuestas que se obtuvieron cuando se realizó esta sustitución fueron incorrectas.

La existencia de las “heurísticas prototipo” y los sesgos asociados a ellas en el proyecto de Kahneman me permiten enfatizar algunos puntos importantes relacionados con la tesis general (ya mencionada) que defiende en este trabajo:

a) Hablar de “heurísticas prototipo” y proporcionar sus elementos y funcionamiento, así como los sesgos asociados a ellas, permite colocar al proyecto de Kahneman y Tversky como un proyecto normativo en alguna medida: si bien sus resultados son descriptivos, Kahneman y Tversky están asumiendo que la lógica clásica y la teoría de la probabilidad son las reglas “correctas” y es importante entender el funcionamiento de los juicios heurísticos para evitar errores. En consecuencia, podríamos decir que su proyecto es normativo porque nos dice cómo debemos razonar y nos dice a qué procesos cognitivos debemos poner atención para evitar hacer juicios equivocados.

b) Lo que define a las heurísticas y los sesgos generados por ellas es, en última instancia, una falta o violación de un principio fundamental para la lógica clásica. Tanto para los casos vinculados con el condicional material como para los vinculados a la probabilidad y a la sustitución de atributos, el problema central es que el juicio heurístico asociado a las respuestas incorrectas no cumple con la propiedad de monotonía.

De acuerdo con el análisis que he presentado, es claro que la falta de la condición de monotonía es el punto central de la propuesta de Kahneman y Tversky para distinguir a un juicio heurístico del sistema 1 de un juicio del sistema 2 y, en consecuencia, esto apoya la tesis de esta investigación: que lo que se entiende por heurística está vinculado a los límites que la lógica clásica establece. Implícitamente, Kahneman se está comprometiendo con la idea de que la lógica clásica, la cual incluye la propiedad de la monotonía, nos da las normas correctas para razonar. Así, ése es su criterio para caracterizar a las heurísticas, que podríamos definir entonces como procesos no monotónicos. Más adelante abundaré un poco más sobre la relevancia de este punto con respecto a los objetivos de esta investigación.

Veamos ahora en qué consiste la propuesta *RE* de Gigerenzer y el grupo ABC con respecto al razonamiento heurístico.

2.4. La propuesta de “racionalidad ecológica” de Gigerenzer y el grupo ABC

Al igual que Kahneman y Tversky, Gigerenzer y el grupo ABC (*Adaptative Behavior and Cognition*)³⁵ trabajan, en alguna medida, alrededor del programa de investigación de la “racionalidad limitada” de Herbert Simon. Siguiendo una idea de Simon, Gigerenzer considera que el modelo clásico de la racionalidad (llamado aquí modelo estándar) requiere el conocimiento de todas las alternativas relevantes, sus consecuencias y probabilidades y un mundo predecible sin sorpresas. El problema es que estas condiciones muchas veces no se cumplen para los problemas

³⁵ Gigerenzer y el grupo ABC han desarrollado su propuesta desde los años 90, y han publicado una amplia literatura derivada de su investigación. Para efectos de la presentación de su propuesta en este trabajo, me apoyaré, principalmente, del artículo de Gigerenzer y Gaissmaier, de 2011, en el que hacen una recapitulación de los elementos principales de su propuesta, e incluyen precisiones y correcciones a lo que han trabajado a lo largo de los años.

que los individuos y las organizaciones tienen que enfrentar. En términos de Savage (1954), fundador de la teoría de la decisión bayesiana moderna, a una situación en la que se tenga el conocimiento perfecto del modelo clásico se le llamará “mundo pequeño”, que se distinguirá de los “mundos grandes”. En los mundos grandes, parte de la información relevante no es conocida o tiene que ser estimada a partir de muestras pequeñas. En los mundos grandes no se puede asumir que la aplicación de los modelos tradicionales de racionalidad dará automáticamente las respuestas correctas. En consecuencia, en los mundos grandes hay que recurrir a estrategias de razonamiento distintas a las de la lógica clásica y la probabilidad para enfrentar los problemas. Estas estrategias y los procesos de razonamiento asociados a ellas, son las que Gigerenzer y su grupo llamarán heurísticas³⁶ (cfr. Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, p. 453).

Gigerenzer considera que los razonamientos heurísticos son muy útiles, en ocasiones mejores que procesos de razonamiento efectivos (estos últimos son razonamientos que resuelven los problemas enfrentados con métodos que garantizan que se encontrará la solución buscada), y busca proponer modelos formales de heurísticas que puedan ser evaluados con criterios claros frente a otras propuestas de razonamiento (cfr. Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, p. 453).

Cuando se formalizaron las heurísticas, se hizo un descubrimiento sorprendente. En buena parte de los mundos grandes, las heurísticas simples resultaron ser más adecuadas que los métodos estadísticos estándar que tenían la misma o más información. Estos resultados se conocieron entonces como los efectos “menos es más”: Hay una relación con forma U invertida entre el nivel de exactitud y la cantidad de información, computación o tiempo. En otras palabras, hay un punto en

³⁶En la siguiente sección 2.4.1. se profundiza en la noción de heurística de Gigerenzer y el grupo ABC.

el que más no es mejor, sino que es dañino (Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, p. 453).

Más adelante presentaré un ejemplo en donde se muestra con claridad este efecto “menos es más”; dada la existencia de este efecto, Gigerenzer y su grupo consideran que el estudio de las heurísticas no es puramente descriptivo, sino que es posible dar un rol prescriptivo a las heurísticas, con lo cual, proponen dos preguntas de investigación, correspondientes a cada una de estas posibilidades. La investigación descriptiva se pregunta ¿cuáles heurísticas usan las personas y en qué situaciones?, mientras que la investigación prescriptiva se pregunta ¿cuándo deberían las personas confiar en una heurística dada más que en una estrategia compleja para hacer juicios más exactos? (cfr. Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, p. 453).

2.4.1. La noción de heurística en la propuesta de “racionalidad ecológica”

Gigerenzer y Gaissmaier presentan un breve resumen de las distintas nociones de heurística que se pueden encontrar en la investigación, y se quedan con la siguiente: “Una heurística es una estrategia que ignora parte de la información con la meta de tomar decisiones más rápidamente, de manera frugal, y/o con más exactitud que con métodos más complejos” (Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, p. 454).

Gigerenzer sostiene que las estrategias heurísticas pueden formalizarse, lo que da lugar a modelos heurísticos. Él entiende la formalización como la posibilidad de expresar las estrategias heurísticas como reglas, y considera que esto genera un criterio interesante para comparar los modelos heurísticos con otros procesos posibles de razonamiento. Sobre esta propuesta y la noción de heurística asociada a ella, Gigerenzer y Gaissmaier nos dicen:

Las heurísticas son un subconjunto de estrategias; las estrategias incluyen incluso regresión compleja o modelos bayesianos. (...) La meta de hacer juicios

más rápida y frugalmente es consistente con la meta de reducir el esfuerzo; aquí “frugal” se mide en muchas ocasiones por el número de claves que una heurística busca. Por supuesto, no hay una dicotomía estricta entre lo heurístico y lo no heurístico, pues las estrategias pueden ignorar más o menos información. La meta de hacer juicios más precisos ignorando información es nueva. Va más allá de la asunción clásica de que una heurística sacrifica alguna exactitud por un menor esfuerzo. (...) Cada heurística revisada en este artículo puede ser también realizada de manera consciente y es definida como una regla. La cantidad de error que genera puede medirse y compararse con otras estrategias (Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, p. 455).

Para explicitar su propuesta, nos presentan el siguiente ejemplo: tres comerciantes de distintos ramos quieren saber quiénes, en su base de clientes, están activos y quiénes no. Para esto, Gigerenzer propone la heurística del hiato que puede expresarse como la siguiente regla: “Si un cliente no ha comprado en un cierto número de meses (hiato), el cliente es clasificado como inactivo; en otro caso, el cliente es clasificado como activo” (Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, p. 455). A esta regla le llaman “heurística de hiato”. Es una regla heurística, porque si los comerciantes se guían por ella para clasificar a sus clientes como activos o inactivos, no estarán considerando información que podría llegar a ser relevante (aunque no necesariamente y no puede saberse con anticipación si lo será o no), como la frecuencia y el espacio de compras previas.

Se hizo un estudio en el que, por un lado, se usó esta regla, y por otro, se usó un modelo estadístico para determinar quiénes eran los clientes activos e inactivos. En el estudio participaron un comerciante de ropa y una aerolínea, que consideraron 9 meses como el periodo de hiato, mientras que un comerciante de CD en línea consideró seis meses.

Al modelo estadístico se le permitió estimar sus parámetros a partir de 40 semanas de datos y fue probado en las siguientes 40 semanas. Por su parte, la

heurística de hiato no necesitaba estimar ningún parámetro. Al analizar los resultados, se encontró que para el comerciante de ropa la heurística de hiato clasificó correctamente a 83% de los clientes, mientras que el modelo estadístico solo obtuvo el 75% de resultados correctos. Para la aerolínea, el resultado fue 77% con el método heurístico vs. 74% con el método estadístico; y para la tienda de CD, los dos métodos dieron 77% (cfr. Wübben y Wangenheim, 2008).

Gigerenzer y su grupo consideran que este estudio demuestra empíricamente el efecto de “menos es más”: el modelo estadístico tiene toda la información que la heurística usa y más, sin embargo, genera más errores. El estudio también muestra, según Gigerenzer, lo importante que es formalizar una heurística de modo que sus predicciones puedan ser evaluadas y comparadas con las de un modelo de razonamiento competidor.

2.4.2. La caja de herramientas adaptativa

Gigerenzer piensa que los modelos formales de heurísticas representan un avance sobre otras propuestas como la de Kahneman. Además, Gigerenzer está considerando la posibilidad de construir una ciencia de las heurísticas, sin embargo, la precisión sola no es suficiente para esto. Para tener un mayor progreso se requiere un tratamiento teórico que vaya más allá de dar una lista de heurísticas. Un paso en esa dirección es buscar bloques comunes de construcción de los que estén constituidas las heurísticas, como un principio organizador. Esto permitirá reducir el largo listado de heurísticas a un número menor de componentes, de manera similar a cómo el número de los elementos químicos en una tabla periódica se construye de un número pequeño de partículas. Gigerenzer, et. al, 1999, proponen que, en general, las heurísticas están constituidas por “tres bloques de construcción”:

- 1) Reglas de búsqueda que especifican en qué dirección se extiende la búsqueda en el espacio de búsqueda.
- 2) Reglas de paro que especifican cuándo la búsqueda se detiene.
- 3) Reglas de decisión que especifican cómo se toma la decisión final³⁷ (cfr. Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, p. 456).

La colección de heurísticas y bloques de construcción que un individuo o una especie tiene a su disposición para construir heurísticas, junto con las capacidades mentales básicas que explotan los bloques de construcción es lo que se llama la “caja de herramientas adaptativa” y entre las capacidades consideradas básicas se incluyen: memoria de reconocimiento, monitoreo frecuente, seguimiento de objetos (con la mirada, por ejemplo), y la habilidad de imitar (cfr. Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, p. 456).

Veamos un ejemplo de una heurística y su presentación en término de los tres bloques. Hay un caso en el que un participante de un concurso de televisión tiene que resolver la siguiente pregunta para ganar: ¿Qué ciudad tiene mayor población: Berlín o Munich? Para responder esta pregunta, el participante tiene acceso a una serie de claves o información que le ayudarían a comparar las ciudades, por ejemplo, si tienen equipo de fútbol, si tienen universidad o si alguna de ellas es la capital del Estado. La estrategia más sencilla consiste en tomar la decisión basándose solo en una de las claves mencionadas.

Esta estrategia funcionaría del siguiente modo: Se comenzaría seleccionando una de estas claves, y se comprobaría si está presente en cada una de las alternativas. Éste es el proceso de *búsqueda de información*. En nuestro caso, se comenzaría considerando si, por ejemplo, alguna de las ciudades mencionadas es la capital nacional. Si la clave considerada discrimina entre las alternativas, es decir, si está presente en una de ellas y ausente en la otra, se cesaría la búsqueda de información. Éste es el *proceso de detención de la búsqueda de*

³⁷ Es decir, la decisión que debe tomarse para presumiblemente resolver el problema que se está enfrentando.

información. Finalmente, se inferiría que la alternativa en la que la clave considerada está presente mostraría un mayor valor en el criterio que la alternativa en la que está ausente. Éste es el *proceso de decisión*. En nuestro ejemplo, se inferiría que Berlín es la ciudad que tiene mayor población. Por el contrario, si las alternativas no difirieran en la clave considerada, se seleccionaría otra clave distinta, y ambas se compararían de nuevo (García Retamero y Dieckmann, 2006, pp. 511-512).

Como veremos en los siguientes capítulos, esta propuesta, basada en los tres tipos de reglas es muy similar a la manera en que se entienden las heurísticas en las Ciencias Computacionales. En estas últimas también será muy relevante trabajar con información incompleta o limitada y acotar los espacios de búsqueda, tal y como se presenta en el bloque de construcción 1 correspondiente a las reglas de búsqueda.

2.4.3. Racionalidad ecológica

Gigerenzer se pregunta por qué las heurísticas son útiles y piensa que se pueden dar dos razones para responder esto: la relación entre la exactitud y el esfuerzo (the accuracy-effort trade off) y la racionalidad ecológica de las heurísticas.

a) Accuracy-effort trade-off

Es la explicación tradicional de por qué la gente usa heurísticas: se busca el menor esfuerzo, aunque se pierda en exactitud. Desde esta perspectiva, los humanos y otros animales confían en las heurísticas porque la búsqueda de información y los cálculos cuestan tiempo y esfuerzo; así, las heurísticas generan una pérdida en exactitud, pero producen un conocimiento más rápido y frugal. Gigerenzer piensa que esta razón no es cierta en general, considerando los ya mencionados efectos “menos es más” (cfr. Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, p. 457). Es decir, el uso de las heurísticas no está determinado solamente por la búsqueda de economizar recursos o por la búsqueda de eficiencia, desde la perspectiva de Gigerenzer utilizar heurísticas puede ser mejor en muchas ocasiones que usar otro tipo de métodos y se

puede decidir utilizar alguna heurística en particular por un proceso deliberativo complejo, en el que se analizaron las proyecciones del uso de al menos dos métodos distintos, (uno heurístico y el otro no) y se estimó que usar el método heurístico podría generar mejores resultados que usar el otro método.

b) Racionalidad ecológica

El estudio de la racionalidad ecológica investiga en qué ambientes una estrategia dada es mejor que otras estrategias (mejor, pero no “la mejor de todas”, porque en los mundos grandes la estrategia óptima no es conocida) (cfr. Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, p. 456). Gigerenzer considera que una heurística es racionalmente ecológica dependiendo del grado en que se adapte a la estructura del ambiente (Gigerenzer, et. al., 1999). Desde esta perspectiva, una heurística será útil si se adapta mejor que otra al ambiente. El estudio de la racionalidad ecológica ayuda a que se puedan hacer afirmaciones del siguiente tipo: “la estrategia X es más adecuada (frugal o rápida) que la estrategia Y en el ambiente E” (Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, p. 457). Esto implica que una estrategia heurística no pueda ser caracterizada como buena o mala sin más, sino que su evaluación debe realizarse siempre con referencia a un ambiente dado y en comparación con otras estrategias, algunas heurísticas y otras no.

Así, hablar de racionalidad ecológica implica considerar dos elementos: los procesos cognitivos y el ambiente o entorno en que se encuentra la persona que realizará estos procesos. Gigerenzer considera que esta propuesta es análoga a una idea de Simon: “El comportamiento racional humano (y el comportamiento racional de todos los sistemas físicos simbólicos) está conformado por unas tijeras cuyas dos hojas son: la estructura de los ambientes de prueba y las capacidades

computacionales del actor” (Simon, 1990). Si uno solo ve una hoja de las tijeras, la cognición, uno no puede entender por qué y cuándo tiene éxito o falla. Así, la consideración de la racionalidad ecológica implica encontrar estructuras ambientales relevantes en las cuales se da el uso de las heurísticas y ya teniendo estas estructuras, se podrá hacer la evaluación de qué tan adecuado es usar una heurística en un ambiente determinado. Además, los errores podrán explicarse mostrando que se usó una heurística inadecuada para el ambiente considerado.

Los investigadores (Todd, et. al., 2012) han identificado algunas estructuras ambientales relevantes, las cuales son interpretadas y analizadas generalmente en términos estadísticos; entre estas estructuras están las siguientes:

1. Incertidumbre: Se refiere a qué tan bien un criterio para enfrentar un problema puede ser predicho. Si no se puede proponer un buen criterio hay mayor incertidumbre. (Por ejemplo, en problemas relacionados con cuestiones geográficas, criterios relacionados con “tamaño” o “longitud” son muy exitosos, cfr. Todd, et. al. 2012, p. 123).

2. Redundancia: Se refiere a la correlación entre claves (información ambiental disponible).

3. Tamaño de la muestra: Número de observaciones relativas al número de claves o información disponible.

4. Variabilidad en ponderaciones: la distribución del peso de la clave (se refiere a qué tanto varían las claves en una muestra y si lo hacen de manera uniforme o aleatoria, por ejemplo).

Por ejemplo, las heurísticas que descansan en una sola clave, como la heurística de hiato, tienden a ser exitosas en ambientes con a) incertidumbre que va de moderada a alta y b) redundancia de moderada a alta.

Además, Gigerenzer plantea que el estudio de los modelos formales incluye cuatro principios metodológicos:

1) Pruebas comparativas contra pruebas singulares: Gigerenzer piensa que, en un sentido amplio, todos los modelos están equivocados, pero algunos predicen mejor que otros y generan nuevas preguntas. Así, las pruebas de estrategias cognitivas tienen que ser comparativas, es decir, probar diferentes modelos, para poder evaluar cuál es el mejor.

2) Pruebas de individuos contra pruebas de grupo: Numerosos estudios han documentado diferencias individuales sistemáticas en el uso de heurísticas.

3) Probar el uso universal de las heurísticas contra el uso adaptativo. La investigación ha cambiado y en lugar de preguntar por qué la gente usa una heurística en todas las situaciones, ahora se pregunta más bien, por qué las heurísticas se aplican en situaciones ecológicamente racionales.

4) Predicción contra adecuación. La predicción tiene lugar cuando los datos no han sido observados y el modelo con valores fijos se usa para predecirlos. La adecuación tiene lugar cuando los datos ya se han observado y los parámetros del modelo se eligen para tratar de maximizar la adecuación. Modelos competidores de estrategias deben ser probados para evaluar su habilidad predictiva, no su habilidad para adecuarse a los datos ya observados (cfr. Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, p. 459). Esto se debe a que Gigerenzer considera que uno de los objetivos principales de usar heurísticas es tener guías para la acción y esto se relaciona más con la predicción que

con la adecuación. Además, Gigerenzer sostiene que entre más información se procese, se corre mayor riesgo de fallar en las predicciones, en consecuencia, él abogará por omitir información como parte importante de los procesos heurísticos (cfr. Gigerenzer, 2008, pp. 40-42.)

A continuación, presentaré un ejemplo de un modelo formal de una heurística, para que queden más claros todos los elementos mencionados hasta aquí.

2.4.3.1. La estrategia heurística “toma-lo-mejor” (*take-the-best*)

Esta heurística es un modelo de cómo las personas infieren cuál de dos alternativas tiene un valor más alto dado un criterio, basados en claves binarias, es decir, cuando solo hay dos posibilidades para elegir. Por conveniencia, el valor de la clave que señala un criterio más alto es 1 y el otro valor es 0.

La heurística “toma-lo-mejor” consiste en tres bloques de construcción:

1. Regla de búsqueda: Busca a través de las claves de acuerdo a la que tenga algún atributo que se considere importante o significativo para la acción.
2. Regla de parada: Detente al encontrar la primera clave que discrimina entre las alternativas (es decir, entre los valores 1 y 0).
3. Regla de decisión: Infiere que la alternativa con el valor de clave positivo (1) tiene el criterio de valor mayor.

Gigerenzer y su equipo recurren a herramientas estadísticas para evaluar esta heurística, por lo que consideran que se puede simplificar la toma de decisión a partir de la validación v , que es dada por la siguiente fórmula: $v = C/(C+W)$, donde C es el número de inferencias correctas asociadas a una clave y W es el número de las inferencias incorrectas.

Gracias a esta presentación formal de la heurística “toma-lo-mejor”, los investigadores pudieron compararla con otros modelos de razonamiento y encontraron que esta heurística hace mejores predicciones que modelos de regresión lineal múltiple y que estrategias complejas no lineales (cfr. Czerlinski, et. al., 1999).

Gigerenzer y su equipo estudiaron la racionalidad ecológica de esta heurística en tres tipos de contextos diferentes: a) cuando el orden de las claves es conocido (es decir se tiene claridad en la ponderación de las variables), b) cuando el error se introduce en el conocimiento (analizaron casos en los que había fallos en los razonamientos) y c) cuando el orden de las claves necesita ser inferido de las muestras (en este caso, no está claro desde un inicio cómo debe darse la ponderación de las variables a analizar). En conjunto, los resultados sugirieron que esta heurística funciona mejor en ambientes con alta redundancia de las claves y alta variabilidad en el peso de las mismas (cfr. Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, p. 465).

Así, en este ejemplo, encontramos los siguientes elementos: tenemos un tipo de razonamiento que ayuda a resolver problemas específicos, este tipo de razonamiento puede expresarse mediante reglas precisas (los tres bloques de construcción), tenemos una fórmula vinculada a esta heurística que nos permite comparar este tipo de razonamiento con otros y, por lo tanto, podemos determinar en qué contextos es más conveniente usar esta herramienta de pensamiento que otras herramientas.

Gigerenzer y su equipo han dedicado una buena parte de su investigación a proponer estrategias heurísticas similares a la presentada aquí y a hacer las pruebas de comparación con otros tipos de razonamiento.

2.4.4. Crítica de Gigerenzer. et. al. al proyecto de “heurística y sesgo”

Gigerenzer considera que su proyecto es mejor que el de *HS*, debido a que piensa que Kahneman y Tversky se limitaron a “etiquetar” las heurísticas que iban encontrando, pero no se ocuparon de generar modelos que permitieran hacer predicciones y evaluaciones de las heurísticas con respecto a otras propuestas de razonamiento, lo cual, como ya se ha mostrado, es algo que la propuesta *RE* sí puede hacer. Según Gigerenzer los modelos formales protegen contra el poder seductor de las etiquetas generales (Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, p. 458) y, además, el problema con las teorías de “dos sistemas”, como la de la propuesta de heurística y sesgo, es su falta de poder predictivo y su tendencia a emplear a las heurísticas como una explicación después-de-los-hechos (Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, p. 459).

2. 5. Diferencias y semejanzas entre las propuestas de “heurística y sesgo” y de “racionalidad ecológica”

Las dos propuestas aquí estudiadas son distintas, pero también presentan puntos en común muy relevantes para la presente investigación.

Entre las diferencias más importantes están las siguientes: para Kahneman y Tversky, el razonamiento heurístico es un tipo de razonamiento no formalizable, vinculado a la intuición, del cual debemos ocuparnos, principalmente, para poder detectar los sesgos y errores sistemáticos a los que se vincula. Hay que ocuparse tanto de los procesos como de los resultados, pues darnos cuenta de los problemas en los procesos puede ayudarnos a entender los resultados erróneos y viceversa.

Por su parte, Gigerenzer y su grupo ponen el énfasis en los aspectos positivos del razonamiento heurístico, piensan que es posible presentar modelos formales del mismo y piensan que es un tipo de razonamiento que puede ayudar a economizar recursos cognitivos, por lo cual, presenta ventajas sobre otros tipos de razonamiento

en algunos contextos. Si bien *HS* también puede entenderse como una propuesta en la que se economizan recursos, este aspecto es negativo en la propuesta de Kahneman, pues esta economía de recursos está asociada a los procesos del Sistema 1 que son más susceptibles a generar sesgos.

A pesar de que estas son diferencias muy importantes, hay algunos puntos, igualmente relevantes en que ambos proyectos son semejantes. Las semejanzas que me interesa destacar son las siguientes:

a) Una semejanza fundamental para la presente investigación es que ambas propuestas sostienen una visión del razonamiento muy cercana al modelo estándar de la racionalidad, en el sentido de que ambas consideran que la lógica clásica es el marco de referencia principal como modelo de racionalidad, la cual nos ofrece el estándar normativo para nuestros razonamientos (en el caso de Kahneman) y a partir de la cual se delimitan los otros tipos de razonamiento (en el caso de Gigerenzer). En ambos proyectos, las heurísticas se caracterizan por no cumplir con algunas de las normas o criterios establecidos por la lógica clásica.

A continuación, siguiendo las pautas dadas por Morado y Savion (2002) presento un cuadro que ilustra lo que acabo de señalar. Este cuadro es relevante en el marco de esta investigación pues señala de qué manera la Lógica y la heurística se oponen en cuanto al tipo de propiedades que ofrecen como criterios de racionalidad:

Propiedades de la lógica clásica como criterio de racionalidad	¿Qué pasa con estas propiedades en las teorías de razonamiento heurístico?
1. "Omnisciencia lógica": Con la lógica clásica se espera que todo lo que pueda derivarse lógicamente sea conocido por el agente.	No hay omnisciencia lógica, pues los agentes no conocen o no pueden inferir todas las consecuencias lógicas de la información que poseen.
2. Infalibilidad: Siempre que se parta de proposiciones verdaderas y se usen reglas de inferencia válidas, se preservará la verdad.	No se puede garantizar la infalibilidad, pues recurrir a las heurísticas no se hace para preservar la verdad, sino más bien para buscar eficiencia o rapidez.
3. Consistencia: Se evitan las contradicciones para evitar que se dé el principio de explosión (que pueda derivarse cualquier fórmula).	No se puede garantizar la consistencia, pues al estar las heurísticas vinculadas a procesos de incertidumbre no hay garantía de que no pueda aparecer una contradicción en algún momento.
4. Las reglas están libres de contexto: son reglas formales.	Las reglas heurísticas no están libres de contexto, de hecho el contexto es muy importante para determinar qué estrategia heurística conviene usar.
5. No hay limitaciones de tiempo, espacio y otros recursos en la ejecución de las inferencias.	Las heurísticas están pensadas en buena medida, precisamente para cuando hay limitaciones y se busca economizar recursos en general.

b) En ambos proyectos el razonamiento heurístico está vinculado a la falta o exceso de información, la incertidumbre y la falibilidad. En ambas propuestas se considera que las personas realizan razonamientos heurísticos cuando les hace falta información para enfrentar un problema o cuando disponen de tanta información que es imposible manejarla, cuando no se tiene certeza de que se resolverá el problema que se enfrenta y en consecuencia (y a diferencia del razonamiento lógico) el uso de las heurísticas no garantiza que se encontrará el resultado o la respuesta que se busca. Si bien estas afirmaciones parecen implicar que se debería usar la lógica siempre que fuera posible, me parece que esto solo se sostiene en la propuesta de Kahneman, pues como ya vimos Gigerenzer defiende el uso de las heurísticas. Sin embargo, quiero enfatizar que, aunque Gigerenzer pretende comprender de mejor manera a la “racionalidad” humana en general al incluir a las heurísticas, al menos en el origen de su propuesta de razonamiento heurístico sigue estando presente la lógica como un paradigma importante. Tanto la propuesta de Kahneman como la de Gigerenzer aparecieron en el contexto de criticar a los modelos de racionalidad estándar (similares al caracterizado por Stein, 1996) y con pretensiones de explicar los experimentos de Wason (1966).

c) Finalmente, en ambas propuestas, el razonamiento heurístico está vinculado a procesos de razonamiento que deben realizarse (o se realizan), en contextos donde no se dispone de mucho tiempo para reflexionar o enfrentar el problema. Esto se aprecia en la propuesta *HS* en la asociación de la heurística con la intuición y en la propuesta *RE* en la interpretación de las heurísticas como razonamientos frugales y rápidos.

Las semejanzas entre ambos proyectos arrojan un resultado importante con respecto a las investigaciones de la Psicología cognitiva: lo que se entiende por lógica

(en este caso, la lógica clásica), determina lo que se entiende por heurística, esto ocurre tanto en el proyecto de Kahneman y Tversky, como en el de Gigerenzer. En mi opinión, éste es un rasgo que aparece también en alguna medida en las Ciencias Computacionales y en el proyecto de Herbert Simon, et. al., que analizaré en los capítulos 3 y 4 respectivamente.

2.6. Conclusiones generales sobre la noción de heurística en Psicología Cognitiva y su relación con las problemáticas de Filosofía de la Ciencia

Con respecto a los objetivos generales del presente trabajo de investigación, encuentro que las dos propuestas estudiadas aquí (*HS* y *RE*) nos ofrecen una idea bastante precisa de lo que se entiende por heurística en la Psicología Cognitiva, y por ello, cierro este capítulo con las características más importantes asociadas a esta noción y muestro cómo se relacionan con la noción de heurística discutida en el capítulo anterior.

a) La “heurística” como adjetivo y como sustantivo:

Con respecto a la definición de heurística que ofrece Kahneman en 2003a, es interesante notar que él mismo resalta su aparición como sustantivo y como adjetivo. Como sustantivo lo asocia a un tipo de proceso cognitivo, y como adjetivo lo usa para caracterizar un atributo que sustituye a otro.³⁸ Será interesante volver a esta caracterización cuando se discuta el uso que del término “heurística” se hace en los capítulos sobre Ciencias Computacionales y sobre el proyecto de Simon, et. al.; como veremos la noción de heurística que se encuentra en estos otros proyectos será muy similar a la ofrecida aquí. Por otro lado, aunque en el proyecto *RE* no se enfatiza tanto, en esta propuesta también se usa el término “heurística” como un adjetivo

³⁸ Recordar el análisis de las secciones 2.3.1 y 2.3.3.

que se usa para caracterizar a las estrategias de razonamiento que trabajan con información limitada y con las que se busca economizar recursos cognitivos.

Esta aparición del término “heurística”, como sustantivo y como adjetivo, está presente también en la discusión de Filosofía de la ciencia, presentada en el capítulo anterior, sobre todo en el caso de metodología de los geómetras griegos. En ese caso, el sustantivo “Heurística” se usa para referirse a una hipotética disciplina general que agrupara a los distintos procesos posibles por los que se podría llegar a una prueba matemática y “heurística” aparece también como adjetivo cuando se refiere a las diversas estrategias metodológicas que nos permiten acercarnos a la generación de conocimiento. Desde esta perspectiva, el método del análisis de los geómetras estudiado en el capítulo 1 es considerado “heurístico” (cfr. Cap. 1, sección 1.2.2.)

Por otra parte, si al referirse a las estrategias heurísticas, se quieren distinguir de otras herramientas o procesos de razonamiento, se suele usar “heurística” como adjetivo (al distinguir por ejemplo “razonamiento lógico” de “razonamiento heurístico”).

b) La heurística y la incertidumbre:

Como se mencionó anteriormente, en ambos proyectos, la noción de heurística está asociada con la incertidumbre, esto se ve en la propuesta *HS*, en la falta de accesibilidad a ciertos atributos y además aparece en los procesos de sustitución que se hace de unos atributos por otros. Estos dos factores provocan que no pueda darse una lista exhaustiva de heurísticas y que no se pueda predecir cuándo se realizarán procesos cognitivos de este tipo (cfr. secciones 2.3.2. y 2.3.3). Por su parte, en la propuesta *RE*, la incertidumbre también es un factor muy relevante y aparece en la consideración de la falta de información, así como en la propuesta metodológica. De

hecho, la formulación misma de los llamados “mundos grandes” descansa en esta consideración de la incertidumbre.

Como vimos en el capítulo anterior, la incertidumbre también es un elemento importante en la propuesta del análisis de los geómetras griegos y en general en la búsqueda de cualquier conocimiento nuevo o de la prueba que aún no existe.

En el caso de la geometría, recordemos el papel de las construcciones auxiliares: éstas funcionan como un apoyo para obtener una prueba, pero puede haber una amplia variedad de construcciones auxiliares que sean útiles para probar algo en particular y no tenemos ninguna garantía de que la construcción auxiliar que generamos o que observamos sea la que nos va a servir; estamos entonces, frente a uno de los elementos que generan incertidumbre.

c) Las heurísticas como normas, reglas o guías distintas de las de la lógica clásica:

A pesar de su inmediatez y de su asociación al llamado sistema 1, en la propuesta *HS*, se nos ofrece una descripción de las heurísticas como una serie de procesos que tienen un funcionamiento bien definido y que, de alguna forma, aunque generan errores, funcionan como reglas o guías del razonamiento. Considero que, aunque Kahneman no haya querido presentar su proyecto como un proyecto normativo, la propuesta de la existencia de estas reglas o guías, permite entenderlo como un proyecto que sí es normativo. A su vez, en el proyecto *RE*, las heurísticas también son consideradas reglas del razonamiento y Gigerenzer y su equipo se han ocupado arduamente de proponer una caracterización de este tipo de reglas y de definir y presentar sus elementos constitutivos.

Las heurísticas se apartan en alguna medida de las reglas de la lógica clásica. En el caso de la propuesta *HS*, porque no se cumple con la propiedad de monotonía. Por su parte, en la propuesta *RE*, las estrategias heurísticas no son las de la lógica clásica, debido a que son reglas que se usan en los “mundos grandes”, que por definición trabajan con información incompleta o buscan economizar en los procesos que realizan.

Este punto es muy relevante con respecto a la distinción entre los contextos de descubrimiento y de justificación, porque las propuestas de los psicólogos parecen ofrecer algunos criterios claros para separar a las heurísticas (que se corresponderían con el contexto de descubrimiento) de los razonamientos lógicos (que podrían corresponderse con el contexto de justificación). Sin embargo, en el siguiente capítulo especialmente, pero también en los dos últimos, mostraré por qué considero que el intento de distinguir en estos términos a la lógica de la heurística no es la mejor manera de explicar cuál es la relación entre lógica y heurística. En todo caso, los criterios propuestos por los psicólogos podrían ser útiles para distinguir a la lógica clásica de la heurística, pero como se apuntó en el primer capítulo, si se amplía la noción de lógica podrán proponerse otras alternativas.

d) La heurística y la falibilidad:

En ambos proyectos (*HS* y *RE*), las heurísticas no nos garantizan que llegaremos a una solución para el problema que queramos resolver o que los juicios que realicemos con ellas serán correctos. Más aún, en la propuesta *HS*, las heurísticas no solo explican por qué no llegamos a las soluciones, nos explican por qué nos equivocamos y cometemos errores sistemáticos de razonamiento. Por su parte, la propuesta *RE* cuenta con una metodología para evaluar la pertinencia de usar una

u otra heurística en un contexto determinado, pero se nos advierte siempre que esta evaluación nunca podrá ser absoluta, pues los ambientes de “mundos grandes” implicarán siempre la posibilidad de que haya heurísticas o características ambientales que no tomemos en cuenta, que podrían ser mejores que la que se esté proponiendo actualmente.

Éste es un elemento que se encuentra también en la noción de heurística analizada en el capítulo 1. A pesar de que podamos contar con estrategias heurísticas para buscar la solución de un problema científico o ampliar nuestro conocimiento, el uso de estas estrategias no nos garantiza que lograremos lo que buscamos y por lo tanto, son falibles.

Como podemos apreciar, el análisis recién hecho nos muestra que la noción de heurística presente en Filosofía de la ciencia se corresponde en buena medida con la propuesta por los psicólogos cognitivos y considerarlas a ambas nos ha ayudado a mostrar con mayor claridad las características comunes que tiene esta noción en las diferentes discusiones y nos ha permitido comprender también cómo se suele relacionar a esta noción con la noción de Lógica, en términos generales, como nociones opuestas que se oponen y se delimitan la una a la otra.

En el siguiente capítulo discutiré la noción de heurística que aparece en las Ciencias Computacionales, en particular, en el área de la Inteligencia Artificial, mostraré que la distinción y la relación entre Lógica y heurística presenta algunas variables nuevas en esta disciplina; y que posiblemente, convendrá entender de otra manera la relación entre ambas nociones, de cara al problema general de si es posible defender la posibilidad de establecer una “lógica” o una “metodología” del descubrimiento.

CAPÍTULO 3. LAS HEURÍSTICAS EN LAS CIENCIAS COMPUTACIONALES

Introducción

En los capítulos anteriores, mostré cómo aparece la noción de “heurística” en Filosofía de la ciencia y en Psicología Cognitiva. Como vimos en el primer capítulo, a lo largo de la Historia ha perdurado el establecimiento de dicotomías entre “análisis y síntesis” o “contexto de descubrimiento y de justificación”, y la “heurística” aparece vinculada al primero de los elementos de estos pares. Por otro lado, en el capítulo 2, mostré que en la Psicología Cognitiva las propuestas de “razonamiento heurístico” aparecen como una respuesta (y en oposición) a las teorías de razonamiento que consideraban a la lógica clásica como uno de los criterios principales para determinar qué es un buen razonamiento.

En este capítulo presentaré un análisis conceptual de la manera en que aparece la noción de “heurística” en el área de la Ciencias Computacionales mostraré cómo aquí también están presentes algunas imprecisiones en lo que se ha entendido por ella, —imprecisiones similares a las que encontramos en las disciplinas ya estudiadas en los capítulos 1 y 2— y discutiré cómo estas imprecisiones han contribuido a la vaguedad general de la noción de heurística, por un lado, pero también mostraré que desde esta disciplina podemos encontrar algunas de las aproximaciones teóricas que podrían ayudar a clarificar de mejor manera el uso de estas nociones y las relaciones entre ellas.

Para lograr mi objetivo, seguiré el siguiente itinerario:

a) Presentaré una introducción breve explicando cómo aparece la heurística en los desarrollos de las Ciencias Computacionales, en particular en el área conocida como Inteligencia Artificial.

b) Mostraré algunas de las problemáticas más relevantes que aparecen en esta área relacionadas con la manera en que se entiende a la noción de “heurística” y discutiré también cómo se presenta esta noción en relación con las discusiones presentadas en los capítulos anteriores de la Filosofía de la Ciencia y la Psicología Cognitiva.

Como mencioné ya en el capítulo 2, (p. 61), a partir de los años 50 del siglo XX surgieron las llamadas Ciencias Cognitivas, impulsadas en buena medida por el desarrollo de la computación. Actualmente, las Ciencias Computacionales son aquellas que se ocupan del tratamiento de la información digital y su aplicación en sistemas implementados en computadoras.

Una disciplina derivada de estas ciencias es la llamada “Inteligencia Artificial” (IA), la cual es un área de investigación interdisciplinaria, que cuenta con múltiples caracterizaciones; además de ser conocida como IA, se encuentra relacionada con términos como “*Machine Intelligence*” y más recientemente con “*Machine Learning*”.

A lo largo del desarrollo de esta disciplina ha habido una multiplicidad de enfoques que hacen difícil ofrecer una definición única y precisa de la misma. Según Russell y Norvig, en términos generales, en esta disciplina se trata de simular lo que podría llamarse un “comportamiento inteligente” (cfr. Russell y Norvig, 2004, p. 33). Sin embargo, mostraré a continuación que esta caracterización es muy amplia y que dentro de la misma se ha presentado una variedad de enfoques.

A continuación reproduzco el cuadro presentado por Russell y Norvig (2004, p. 6) en donde se presentan algunas de las definiciones de IA que se han dado a lo largo del desarrollo de esta disciplina:

Sistemas que piensan como humanos	Sistemas que piensan racionalmente
<p>“El nuevo y excitante esfuerzo de hacer que las computadoras piensen... máquinas con mentes, en el más amplio sentido literal” (Haugeland, 1985).</p> <p>“[La automatización de] actividades que vinculamos con procesos de pensamiento humano, actividades como la toma de decisiones, resolución de problemas, aprendizaje...” (Bellman, 1978).</p>	<p>“El estudio de las facultades mentales mediante el uso de modelos computacionales” (Charniak y McDermott, 1985).</p> <p>“El estudio de los cálculos que hacen posible percibir, razonar y actuar” (Winston, 1992).</p>
Sistemas que actúan como humanos	Sistemas que actúan racionalmente
<p>“El arte de desarrollar máquinas con capacidad para realizar funciones que cuando son realizadas por personas requieren de inteligencia” (Kurzweil, 1990).</p> <p>“El estudio de cómo lograr que los computadores realicen tareas que, por el momento, los humanos hacen mejor” (Rich y Knight, 1991).</p>	<p>“La Inteligencia Computacional es el estudio del diseño de agentes inteligentes” (Poole, et. al., 1998).</p> <p>“IA... está relacionada con conductas inteligentes en artefactos” (Nilsson, 1998).</p>

Como se puede apreciar, las definiciones ofrecidas son bastante divergentes entre sí, —pues no es lo mismo pretender hacer una máquina que piense (Haugeland), que estudiar el razonamiento con el apoyo de computadoras (Charniak y McDermott), por ejemplo—, pero todas tienen en común que están interesadas en estudiar lo que se podría llamar “racionalidad” o “inteligencia” desde alguna perspectiva

específica, mediante el apoyo de las computadoras. ¿Cómo se realiza esto? Lenat (1977) nos ofrece una descripción de lo que él llamó el “paradigma de la investigación” en IA:

- 1) Elija alguna actividad cognitiva humana (como jugar ajedrez, probar teoremas, entender el idioma inglés oralmente),
- 2) Desarrolle hipótesis y eventualmente una teoría acerca de la clase de procesos de información que podrían tener lugar para producir esa habilidad,
- 3) Incorpore la teoría a un programa computacional, que servirá como modelo. El programa computacional está hecho para llevar a cabo la actividad original, y el investigador puede observar qué tan bien lo hace,³⁹
- 4) Experimentando con su programa, él trata de averiguar de dónde proviene realmente la aparente “inteligencia” (Lenat, 1977, p. 1095).

Este paradigma propuesto por Lenat puede aplicarse a una amplia gama de problemas, por lo que este es un campo fértil para la interdisciplina. En términos generales, los investigadores se acercan a la IA, con diferentes propósitos; algunos quieren estudiar diversos tipos de razonamiento, por ejemplo, mientras otros están interesados en el comportamiento. Y desde disciplinas como la Psicología Cognitiva, la Ingeniería en Computación, la Economía y la Filosofía, entre otras, se han hecho aportes relevantes para esta área.

Para poder entender mejor qué hace esta disciplina y proponer el marco teórico alrededor del cual giran las problemáticas de este capítulo, presentaré ahora de manera un poco más detallada, cómo se trabaja en IA.

³⁹ Es interesante señalar que el mismo Lenat pone una nota a pie en este punto, para indicar que aquí es en dónde se separa el tipo de investigación que hacen los psicólogos cognitivos de la que se hace en IA. Lenat señala que los psicólogos realizan sus experimentos con personas, mientras que en IA se busca saber si los mecanismos hipotéticos contenidos en los programas son capaces de tener algún tipo de comportamiento “inteligente”, aunque este sea diferente del que las personas realizan en la misma tarea (cfr. Lenat, 1977, p. 1095, nota 8).

3.1. Elementos de un sistema en Inteligencia Artificial⁴⁰

En primer lugar, es necesario especificar qué se entiende por “agente” y por “agente racional”.

“Un agente es cualquier cosa capaz de percibir su medioambiente con ayuda de sensores y actuar en ese medio utilizando actuadores”⁴¹ (Russell y Norvig, 2004, p. 37). Con “actuadores” se refieren al elemento que reacciona a un estímulo realizando una acción.

Un “agente racional” es definido de la siguiente manera: “En cada posible secuencia de percepciones, un agente racional deberá emprender aquella acción que supuestamente maximice su medida de rendimiento, basándose en las evidencias aportadas por la secuencia de percepciones y en el conocimiento que el agente mantiene almacenado” (Russell y Norvig, 2004, p. 41).

Las “medidas de rendimiento” se refieren a los criterios que determinan que el comportamiento del agente sea exitoso: “Un agente racional actúa con la intención de maximizar el valor esperado de la medida de rendimiento, dada la secuencia de percepciones que ha observado hasta el momento” (Russell y Norvig, 2004, p. 62).

⁴⁰ Esta sección está basada, principalmente en el capítulo 3 del libro de Russell y Norvig, 2004. El objetivo de este apartado es introducir de manera general los elementos teóricos necesarios para entender cómo se trabaja en la disciplina IA, sin embargo, dado que los problemas que se pueden abordar son muy variados, no todos los elementos que mencionaré a continuación aparecen en todos los casos. Los elementos pueden variar dependiendo de los objetivos de las investigaciones y de las formulaciones de los problemas.

⁴¹ Esta definición de agente se refiere a un organismo que responde a los estímulos de su medio ambiente. En computación un agente también puede interactuar con otros elementos computacionales y se espera de él que tenga un comportamiento que se pueda considerar inteligente o equivalente al comportamiento que tendría un humano.

Como se puede apreciar estas definiciones de “agente” y “agente racional” funcionan para referirse tanto al comportamiento de los humanos como al de las computadoras y simplemente están haciendo referencia a lo que se requiere para poder establecer una interrelación entre el agente y el medio, de manera que el agente actúe respondiendo a los estímulos que el ambiente le proporciona, buscando que la acción realizada sea la “mejor” posible.

En IA se busca diseñar agentes que resuelvan tareas específicas y el primer paso para lograr esto será dar las especificaciones del entorno de trabajo. Estas especificaciones incluyen el medio externo, las medidas de rendimiento, los actuadores y los sensores, como en el caso de robots.

Los ambientes o entornos de operaciones varían con respecto a diferentes dimensiones: pueden ser completa o parcialmente observables, con un único agente o con muchos agentes, deterministas o azarosos, independientes al estado en que se encuentre el agente o dependientes de un estado en específico, estáticos o dinámicos, discretos o continuos y conocidos o no conocidos (cfr. Russell y Norvig, 2004, pp. 62 y 63).

Hasta ahora hemos definido a los agentes más sencillos y a los entornos de trabajo; esto nos da pie para definir a los “agentes resolvente-problemas”. Estos agentes formulan un objetivo y a partir de dicho objetivo formulan un problema. A los problemas dedicaré la siguiente sección.

3.1.1. Problemas y espacios de búsquedas

Un problema se define formalmente por cuatro componentes:

- 1) El **estado inicial** es el estado de partida del agente.

- 2) Las posibles **acciones** que están disponibles para el agente. Estas acciones se determinan mediante una “función sucesor”, esta función determina cuáles son los estados “legales” que resultan de aplicar las acciones.⁴²
- 3) El “**test**” **objetivo**, el cual determina si un estado es un estado objetivo. En ocasiones puede haber un conjunto de posibles estados objetivo y el test solo evalúa si el estado es uno de ellos. En otros casos, el objetivo se especifica como una propiedad abstracta, por ejemplo: en el ajedrez, el objetivo es alcanzar el estado “jaque mate”.
- 4) Una **función costo del camino**, que asigna un valor numérico a cada camino. El costo del camino puede entenderse como “la suma de los costos de las acciones individuales a lo largo del camino” (Russell y Norvig, 2004, p. 71).

De manera implícita el estado inicial y la función sucesor definen el espacio de estados del problema, que es el conjunto de todos los estados alcanzables desde el estado inicial. Este espacio puede representarse con “grafos” en los que los nodos son los estados y las líneas entre los nodos son las acciones. Un camino en el espacio de estados se refiere a la secuencia de estados que se conecta por una secuencia de acciones (un poco más adelante, en las Figuras 7 y 8 hay ejemplos de grafos que cumplen esta descripción).

Los elementos anteriores definen un problema, y una solución de un problema es un camino desde el estado inicial a un estado objetivo. Qué tan buena o no es la

⁴² “Dado un estado particular x , Sucesor-fn(x) devuelve un conjunto de pares ordenados <acción-sucesor>, donde cada acción es una de las acciones legales en el estado x y cada sucesor es un estado que puede alcanzarse desde x , aplicando la acción” (Russell y Norvig, 2004, p. 70).

solución se mide mediante la función costo del camino, y una “solución óptima” tiene el costo más pequeño del camino entre todas las soluciones.

Cuando se tiene un ambiente determinista, observable, estático y completamente conocido, el agente puede construir secuencias de acciones tratando de alcanzar los objetivos establecidos. A este proceso se le llama **búsqueda** (cfr. Russell y Norvig, 2004, p. 97).

Para poder decir que estamos frente a una búsqueda se deben cumplir las siguientes condiciones:

1) Se debe tener un problema bien definido, con los cuatro componentes ya mencionados y debe buscarse un objetivo.

2) En IA, una búsqueda se define, generalmente, como un proceso algorítmico. En términos generales, se entiende un algoritmo como un procedimiento o conjunto de reglas que en un número finito de pasos resuelve un problema. Más adelante, discutiré con más profundidad cómo se entiende esta noción en esta disciplina.

3) Hay diferentes maneras de presentar el espacio de búsqueda, una de las más usuales es la de la estructura llamada “árbol”, la cual muestra todas las rutas posibles para encontrar una solución, se parte de una “raíz” y se generan “ramas” a partir de ella, en donde se van mostrando las distintas posibilidades de solución. Hay también otras estructuras para mostrar el espacio de búsqueda: por ejemplo, en los llamados “grafos”, se evita la consideración de rutas redundantes. Los algoritmos nos indican cómo recorrer el espacio de búsqueda para tratar de encontrar la solución en el menor tiempo posible.

4) Los algoritmos de búsqueda se evalúan con los siguientes criterios:

- Completitud: Si existe una solución, ¿hay garantía de que la encontraremos?
- Optimización: ¿La estrategia encuentra la solución óptima?
- Complejidad en tiempo: ¿Cuánto tiempo toma encontrar una solución?
- Complejidad en espacio: ¿Cuántos recursos⁴³ se necesitan para desarrollar la búsqueda?

Un ejemplo muy conocido en la literatura de un problema bien definido del tipo que estamos tratando aquí, es el del viajero de negocios (*travelling salesman problem*), el cual presento a continuación.

3.1.2. El problema del viajero de negocios

Hay un comerciante que quiere pasar por un número “ n ” de ciudades, sin pasar dos veces por la misma ciudad, tratando de recorrer la menor distancia posible en total; por estas últimas condiciones, estamos frente a un problema de optimización.

Veamos una instancia de este problema en donde tenemos cinco ciudades a recorrer: a , b , c , d , e y la distancia entre cada ciudad se muestra en la figura, supongamos que está en metros. De a a b hay 100 m, de b a c hay 50 m, de c a d , hay 100 m, de d a e , hay 50 m y de e a a hay 75 m. El punto de partida y el punto final de todo el recorrido es la ciudad a . ¿De qué manera debe hacer el recorrido el hombre

⁴³ Un recurso se refiere a los siguientes elementos: memoria de la computadora, espacio de almacenamiento, procesadores disponibles, velocidad de procesamiento, entre otros.

de negocios para pasar por todas las ciudades sin pasar dos veces por la misma ciudad y recorriendo la menor distancia posible?⁴⁴

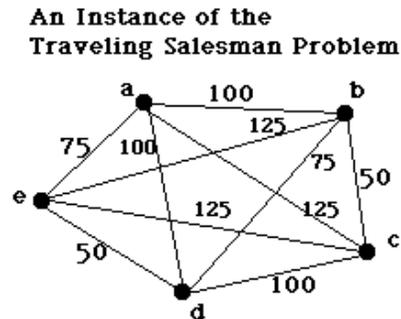


Figura 7

Una vez formulado el problema, se procede a resolverlo. Una solución es una secuencia de acciones que nos conduce a la meta deseada. Sin embargo, para encontrar la solución que buscamos, necesitamos probar las distintas rutas posibles, para ver cuál de ellas cumple con las condiciones solicitadas. Dado que hay muchas maneras de hacer el recorrido, una manera de enfrentar el problema es hacer el gráfico al que hemos llamado “árbol”: el estado inicial del problema se coloca en la “raíz”, las ramas son las rutas o caminos posibles y los nodos corresponden a los estados en el espacio de estados del problema. La esencia de la búsqueda es seguir una ruta y dejar las otras pendientes y con posibilidades de ser evaluadas, en caso de que la primera ruta que sigamos no nos dé la solución. El proceso de expandir los nodos continúa hasta que se encuentra una solución o hasta que se recorren todos los caminos (en este caso la solución se encontraría al recorrer el último camino).

⁴⁴ Las figuras 7 y 8 correspondientes a este problema están tomadas de la página <http://computing.dcu.ie/~humphrys/Notes/AI/statespace.html> consultada el 24 de septiembre de 2018.

En el ejemplo del hombre de negocios presentado, el espacio de búsqueda en forma de árbol se ve así:

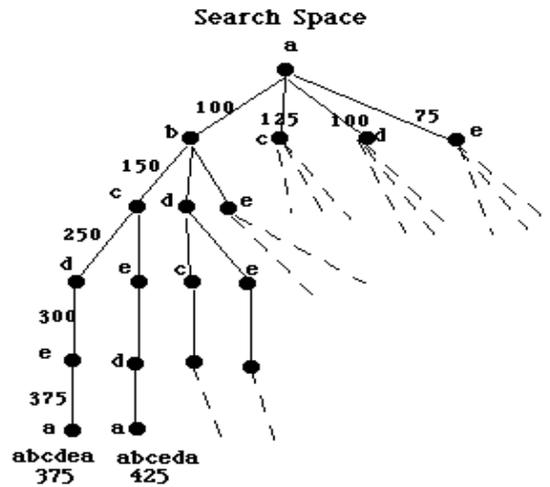


Figura 8

La raíz está en la parte más alta del árbol, en el punto “a”. A partir de ahí, comienzan a expandirse 4 ramas: una a cada una de las ciudades restantes (*b, c, d, e*). En cada uno de estos puntos tenemos ya un nodo. En esta primera expansión todavía no tenemos la solución al problema, así que hay que representar la siguiente acción. En la figura solo se muestran dos ramas que cumplen con la condición de que se recorran todas las ciudades, son las primeras dos ramas de la izquierda. Como podemos ver, la primera ruta implica recorrer en total una distancia de 375 m, mientras que la segunda ruta implica recorrer 425 m. Si estas fueran las únicas dos rutas disponibles, entonces la solución a nuestro problema sería la primera de ellas, pues es la que cumpliría la condición de recorrer la menor distancia posible. Sin embargo, si hay más opciones, como es el caso, hay que asegurarnos que no hay un recorrido que implique recorrer una distancia menor. A todas las rutas posibles se le conoce como espacio de búsqueda. En este caso, el espacio de búsqueda todavía

no es muy grande y no sería tan difícil evaluar cada una de las rutas para ver cuál es la que conviene seguir para recorrer la menor distancia posible; sin embargo, si hacemos el problema más complejo, aumentando ciudades, el crecimiento de las posibles rutas crece factorialmente y llega un momento, todavía con pocas ciudades, en el que se vuelve impracticable tratar de evaluar cada una de las rutas efectivamente. En consecuencia, para tratar de resolver este problema, sobre todo con más ciudades, hay que recurrir a las llamadas estrategias de búsqueda.

3.1.3. Estrategias de búsqueda: búsqueda ciega vs. búsqueda selectiva

Las maneras de enfrentar el problema pueden dividirse en dos grandes grupos:

1) Las estrategias de búsqueda “sin información” (*uninformed*) o búsquedas “ciegas”, y

2) Las estrategias de búsqueda informadas, selectivas, o —ya llamadas por algunos— *heurísticas*.

a) Búsqueda ciega

En la búsqueda ciega de un estado-espacio, se recorren todas las rutas posibles que ofrece el problema. En consecuencia, si el problema tiene un grado de complejidad alto, el número de nodos que se requieren antes de encontrar la solución puede ser inmanejable. Dado que el orden en el que se expanden los nodos es arbitrario y no se usa ninguna propiedad del problema para resolverlo, este método es poco efectivo en términos de optimización.

Por ejemplo, para el problema del viajero: hacer una búsqueda ciega para 5 ciudades no es muy tardado, pero hacerlo para 300 ciudades sí lo es, porque el

tamaño del espacio de búsqueda aumenta a la razón de $(n-1)!/2$, donde n es el número de ciudades.⁴⁵

b) Búsqueda informada, selectiva o heurística

Cuando resolver un problema mediante una búsqueda ciega se vuelve muy difícil,⁴⁶ se recurre a estrategias que ayudan al agente a seguir solo algunas de las opciones del espacio de búsqueda, descartando otras. Las técnicas para hacerlo usualmente requieren información adicional acerca de las propiedades del dominio del problema específico dentro del cual se construyen las definiciones de los estados y las funciones sucesores. La información de este tipo suele ser llamada *información heurística* y los métodos de búsqueda usados son también llamados *métodos de búsqueda heurística*. La información extra da una estimación sobre qué tan próximo se encuentra un estado del estado objetivo, lo que permite explorar en primer lugar los caminos más prometedores, en el sentido de que se estima que siguiendo esos caminos es más probable encontrar la solución que siguiendo otros.

Así, en el caso del problema del viajero, la información adicional que podría considerarse para reducir las opciones de búsqueda puede incluir factores como los siguientes: el caso en que para llegar a una ciudad haya que pasar obligatoriamente por otra, el estado de las carreteras o el gasto de gasolina requerido.

⁴⁵ Dato tomado de <http://geneura.ugr.es/~jmerelo/tutoriales/heuristics101/>; consultado el 7 de marzo de 2015.

⁴⁶ Porque se requieren muchos recursos o aumenta mucho el tiempo para encontrar una solución.

Desde esta perspectiva, cualquier método de búsqueda que involucre más información que la original y que se use para descartar algunos caminos del espacio de búsqueda es un método selectivo.

Muchos de los problemas que se intentan resolver en IA son muy costosos porque los espacios de búsqueda son muy grandes, por lo tanto, se recurre constantemente a los métodos heurísticos para enfrentarlos.

Generalmente los métodos heurísticos determinan fórmulas que representan la estimación de que un estado se encuentre más cerca del estado objetivo, a estas fórmulas se les suele llamar “fórmulas heurísticas”.

Para el caso del viajero, una “fórmula heurística” posible se puede determinar a partir de que se le asigne a cada ciudad un valor que es la distancia aérea (en línea recta) con la ciudad objetivo, esta distancia se determina con la fórmula de la distancia entre dos puntos⁴⁷ (distancia euclídea) marcando las ciudades del problema en un plano cartesiano con coordenadas geométricas.

Hasta aquí he mostrado cómo se definen un agente y un problema en IA, cómo se determinan los espacios de búsqueda, los caminos y las posibles soluciones al problema. Hemos visto que las búsquedas pueden hacerse de manera ciega o informada. En el caso de que las búsquedas ciegas se vuelvan muy costosas o incluso imposibles de realizar se recurre a las búsquedas heurísticas para acotar los caminos

⁴⁷ La distancia euclídea se establece a en geometría analítica como una función útil para calcular la distancia entre dos puntos, es una aplicación del Teorema de Pitágoras. En el plano cartesiano dados los puntos $A = (x_A; y_A)$ $B = (x_B; y_B)$, la distancia euclídea entre ellos se determina con la fórmula:

$$d(A, B) = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} \quad (\text{cfr. Lehmann, 1989, p. 11}).$$

a seguir para tratar de alcanzar los objetivos buscados. Con esto, tenemos ya el contexto para pasar a la discusión sobre cómo se han caracterizado conceptualmente a las “heurísticas” en esta disciplina. En el siguiente apartado presento la discusión al respecto.

3.2. Las “heurísticas” en IA

Hasta el momento hemos encontrado a la “heurística” como un adjetivo que se asocia a un cierto tipo de búsquedas para distinguirlas de otras en IA, sin embargo, no hemos dado aún una caracterización precisa de las mismas.

¿Qué es una heurística? Esta pregunta, de índole más bien filosófica, surgió en los inicios del desarrollo de la IA, pero en un inicio no hubo consenso sobre cuál era la mejor respuesta para la misma. Como veremos a continuación, los primeros investigadores que ofrecieron caracterizaciones de las heurísticas dieron propuestas, algunas de las cuales parecen llegar a ser, incluso, contradictorias entre sí. Uno de los objetivos de esta sección será mostrar cuáles fueron algunas de las primeras y más representativas caracterizaciones de las heurísticas, mostrar las discrepancias entre las diferentes propuestas y aclarar algunos malentendidos, con la finalidad de poder llegar a tener una mejor comprensión de ellas. Las conclusiones de esta sección serán útiles también para analizar desde otra perspectiva problemas como el de la distinción de los contextos de descubrimiento y de justificación y la separación entre razonamiento heurístico y lógico en Psicología.

A continuación, presento una tabla con algunas de las caracterizaciones de las “heurísticas” que se han ofrecido desde la aparición de la IA y en años posteriores. Es importante tener en cuenta que los investigadores que se dedican a hacer desarrollos dentro de esta disciplina no necesariamente deben estar o están preocupados por entender lo que son las heurísticas de manera teórica. Solo algunos

investigadores, más cercanos a la Filosofía o porque desarrollan proyectos en donde es importante lidiar con cuestiones como ésta, son quienes han ofrecido planteamientos explícitos sobre el tema. Por este motivo, la discusión que presento a continuación se concentrará en los planteamientos teóricos de algunos autores que de manera muy clara ofrecieron respuestas a preguntas como ésta y cuyos trabajos de investigación se vinculan también con los problemas estudiados en los capítulos 1 y 2 de esta tesis.

3.2.1. "Heurística"⁴⁸ en IA

1. El **adjetivo heurística** [...] está relacionado con la **mejora del rendimiento**, como **sustantivo** es usado también para referirse a **cualquier método o truco que se use para mejorar la eficacia de un sistema de solución de problemas**. Un "programa heurístico", para ser considerado exitoso, debe trabajar bien en una variedad de problemas, y puede ser que no sea útil para algunos problemas. De vez en cuando nos encontramos con que hay que incluir métodos heurísticos que pueden ocasionar fallos ocasionales, si es que ellos generan un gran mejoramiento del desempeño. Pero **los métodos imperfectos no son necesariamente heurísticos, ni viceversa**. Así, "**heurística**" no debe oponerse a "**infallible**" (*foolproof*), esto ha causado confusión en la literatura (Minsky, 1961, p. 9).

2. La investigación presentada aquí está dirigida a la comprensión de los **procesos complejos (heurísticas) que son efectivos en la resolución de problemas**. Por lo tanto, no estamos interesados en los métodos que garantizan soluciones, pero que requieren grandes cantidades de cómputos. Más bien, queremos entender cómo un matemático, por ejemplo, es capaz de demostrar un teorema, aunque no sabe cuándo empezará, cómo, o incluso, si va a tener éxito en resolverlo.

Una propiedad muy valiosa y especial que un generador de soluciones a veces presenta, es la garantía de que si el problema tiene una solución, el generador, tarde o temprano, la producirá. Llamamos a un proceso que tiene esta propiedad para resolver un problema un algoritmo para ese problema.

⁴⁸ Todas las traducciones y las negritas son mías.

Un proceso que puede resolver un problema dado, pero no ofrece garantías de hacerlo, se llama una heurística para ese problema (Newell, Shaw y Simon en Feigenbaum y Feldman, eds. 1963, p. 114).

3. **Un método heurístico es un procedimiento provisional y plausible cuya finalidad es descubrir la solución a un problema particular que se está enfrentando.**

Una heurística es, en un sentido muy real, un filtro que se interpone entre el generador de soluciones y el evaluador de soluciones (Gelertner en Feigenbaum y Feldman, eds. 1963, p. 135-137).

4. ... por **heurísticas entendemos principios o dispositivos que contribuyen a la reducción de la búsqueda en actividades de resolución de problemas.** Los imperativos “dibuja un diagrama” en geometría, “reduce cada fórmula a senos y cosenos” al probar identidades trigonométricas, o “*always take a check – it may be a mate*” en ajedrez, son todas heurísticas familiares.

Los **procedimientos heurísticos** para resolver problemas son **procedimientos organizados** alrededor de este tipo de desarrollos para **ahorrar esfuerzo**. Un programa heurístico es la mecanización en una computadora digital de un procedimiento heurístico (Tonge en Feigenbaum y Feldman, eds. 1963, p. 172).

5. A su vez, Slagle hizo un programa para resolver problemas de integración en Matemáticas y en su caso, él usa el término “heurística” principalmente para referirse a **cualquier clase de regla que transforme el problema principal en uno o más sub-problemas.** Ejemplos de este tipo de reglas son “trata de usar integración por partes” y “trata de hacer una sustitución trigonométrica”. Él **distingue entre algoritmos y transformaciones heurísticas** y define las últimas como:

la transformación de una meta es llamada heurística cuando, aunque sea aplicable y plausible, hay un riesgo significativo de que no sea el siguiente paso apropiado (Slagle en Feigenbaum y Feldman, eds. 1963, p. 172).

Sin embargo, el mismo Slagle, más adelante, nos da la siguiente definición:

Aunque muchos autores han dado muchas definiciones, en esta discusión **un método heurístico (o simplemente, una heurística) es un método que ayuda a descubrir la solución de un problema haciendo conjeturas plausibles, aunque falibles acerca de qué es lo mejor que conviene hacer a continuación** (Slagle en Feigenbaum y Feldman, eds. 1963, p. 172).

En este caso, es interesante notar como las dos nociones de heurística del mismo autor parecen ser, por lo menos, contrarias. Es decir, en el primer caso, Slagle las llama "heurísticas" por el riesgo de no ser el siguiente paso apropiado, mientras que en la segunda cita las heurísticas parecen serlo por ser conjeturas de "qué es lo mejor que conviene hacer a continuación". Si bien ambas nociones están relacionadas y son compatibles entre sí, me parece interesante que el proceso que está detrás es buscar la mejor ruta posible a seguir, aunque probablemente lo que se elija no sea la mejor ruta posible.

6. Una **heurística (regla heurística, método heurístico) es una guía, estrategia, truco, simplificación, o cualquier otro tipo de dispositivo que drásticamente limite la búsqueda de soluciones en problemas de gran espacio**. Las **heurísticas no garantizan soluciones óptimas**; de hecho, no garantizan ninguna solución en absoluto; todo lo que se puede decir de una heurística útil es que ofrece soluciones que son lo suficientemente buenas la mayor parte del tiempo (Feigenbaum y Feldman, 1963, p. 6).

7. Los **procedimientos para decidir cuáles estrategias de búsqueda, cuáles funciones de evaluación usar y en qué situaciones hacerlo**, son llamadas heurísticas. Las heurísticas son esencialmente **un conjunto de reglas** que se encuentran, en un orden jerárquico, en un nivel arriba de la selección de movimientos y en la evaluación de funciones de un procedimiento de búsqueda. Una **heurística es una estrategia para seleccionar reglas**; es decir, **una regla que está un nivel arriba para seleccionar reglas en niveles más bajos** (Albus, 1981, p. 284).

8. Una **heurística** para un problema P puede ser definida como un **algoritmo** para un problema P', donde **la solución de P' es "lo suficientemente buena" como una solución para P** (Rapaport, 1998, p. 406).

9. En un estado temprano (del conocimiento de un dominio), puede haber **muy pocas cosas conocidas como para poder tener muchas heurísticas; mucho más tarde, el ambiente puede estar ya lo suficientemente entendido como para poder ser algoritmizado; en medio de estos extremos, la búsqueda heurística es un paradigma útil. La predicción de eclipses ha pasado a un estado final de algoritmización; el diagnóstico médico está en el estado medio, en el que las heurísticas son útiles; y la construcción de programas para buscar nuevas representaciones del conocimiento está en un estado pre-heurístico** (Lenat, 1982, p. 222).

10. Una **heurística** es cualquier cosa que provea una **ayuda plausible** o una **dirección** en la solución de un problema pero que en el análisis final (...) **no es capaz de ser justificada y es falible**. Es cualquier cosa que se use para **guiar, descubrir y revelar un posible, pero no necesario, camino correcto para resolver un problema**. Aunque es difícil de definir, una heurística tiene cuatro características que la hacen fácilmente reconocible: **no garantiza una solución; puede contradecir a otras heurísticas; reduce el tiempo de búsqueda para solucionar un problema; y su aceptación depende del contexto inmediato y no de un estándar absoluto** (Koen, 1988, p. 308).

Si observamos las distintas nociones de heurística en esta tabla, podemos darnos cuenta de que hay coincidencias, pero también hay muchas divergencias. Romanycia y Pelletier (1985), en un artículo ahora considerado clásico sobre este tema, propusieron que, en realidad, en IA se han ofrecido cuatro caracterizaciones de la heurística, las cuales se corresponden con cuatro maneras distintas de introducir esta noción en los planteamientos teóricos. Considero que el análisis de estos autores efectivamente captura elementos importantes de las heurísticas no solo

en IA, sino también en las discusiones de las disciplinas estudiadas en los capítulos 1 y 2, por lo que profundizaré en la propuesta de Romanycia y Pelletier en el siguiente apartado.

3.2.2. Cuatro caracterizaciones de significado del término “heurística”

Romanycia y Pelletier proponen cuatro maneras de entender a las heurísticas. A continuación, presentaré un cuadro con una descripción general de las mismas y las definiciones asociadas a cada una y después ofreceré una discusión más amplia sobre ellas:

Caracterizaciones de la heurística	Definiciones vinculadas a cada caracterización
1. Estrategias relacionadas con procesos de incertidumbre (aquí se abre una discusión sobre cuál es la relación entre algoritmos y heurísticas).	Heurísticas como procesos no algorítmicos: Definiciones de Newell, Shaw y Simon, y Lenat. Heurísticas como procesos que no necesariamente se oponen a los algoritmos: Definiciones de Minsky, Tonge y Rapaport.
2. Estrategias que se usan cuando hay conocimiento incompleto.	Definiciones de Feigenbaum y Feldman, Tonge y Gelertner.
3. Estrategias mejoradoras de procesos.	Definiciones de Feigenbaum y Feldman, Tonge, Minsky y Koen.
4. Guías para tomar decisiones.	Definiciones de Albus y Koen.

a) El papel de la incertidumbre (algoritmos vs. heurísticas)

Como se aprecia en algunas de las definiciones, por ejemplo, en las de Newell, Shaw y Simon, por una parte, y en la de Slagle, por otra, hay quienes piensan que una heurística es un proceso no algorítmico. Sin embargo, como vimos en el ejemplo del hombre de negocios, parece no haber problemas en plantear la existencia de un “algoritmo heurístico”. Pero entonces, ¿por qué hay quienes sostienen que una heurística, para ser heurística, no puede ser un algoritmo? La idea detrás de este planteamiento es que la heurística es un método aproximado, falible, que no nos garantiza que alcanzaremos el resultado y en consecuencia, debido a estas características, la heurística no puede ser un algoritmo (cfr. Romanycia y Pelletier, 1985, pp. 51-52).

¿Podremos determinar si alguna de las dos partes tiene la razón? En mi opinión y en esto concuerdo con Romanycia y Pelletier, ambas posturas están pensando en aspectos distintos de las heurísticas y la confusión está en presentar esta distinción como una disputa entre algoritmos y heurísticas. Para mostrar cómo puede pasar esto, tomaré como ejemplo la propuesta de Rapaport.

Atendiendo a la discusión sobre la diferencia entre algoritmos y heurísticas, según Rapaport, tenemos que: “una **heurística** para un problema P puede ser definida como un **algoritmo** para un problema P’, donde la solución de P’ es “lo suficientemente buena” como una solución para P” (Rapaport, 1998, p. 406).

Rapaport dice que lo “suficientemente bueno” es una noción subjetiva, pero la idea detrás está relacionada con la noción de “racionalidad limitada” de Herbert Simon (1972), quien propuso dividir los problemas en sub-problemas y buscar una solución algorítmica para cada sub-problema.

Es importante señalar aquí que, en IA, lo que se busca es encontrar algoritmos útiles para resolver los problemas. Algunos de estos algoritmos podrán ser considerados heurísticos, si tienen las características que hemos mencionado como falibilidad o falta de información, pero otros (más bien pocos) no serán heurísticos. Parte de la confusión se da porque, en algunos casos, caracterizar a una estrategia como heurística no tiene que ver con el hecho de que esté puesta en términos “algorítmicos” o no, sino que se caracteriza así por otras razones, las cuales veremos más adelante. Sin embargo, para aclarar lo dicho en esta sección y para comprender mejor por qué se establece esta aparente oposición entre heurística y algoritmo y discutirla también de cara a las otras disciplinas, es interesante profundizar en qué se entiende por “algoritmo”, por lo cual dedicaré el siguiente apartado a este punto.

a.1) ¿Qué es un algoritmo?

De manera similar a como presenté la noción de “heurística”, presentaré un cuadro con algunas definiciones de “algoritmo”, las cuales empezaron a formularse con mayor claridad a partir de los años 50 del siglo XX, poco después de que Alan Turing formalizara la noción intuitiva de procedimiento efectivo y presentara la noción matemática de las ahora conocidas como “máquinas de Turing”. La “máquina universal de Turing” sería una máquina que pudiera computar todo lo que es computable y esta idea de Turing es la que dio origen al desarrollo de las computadoras modernas. Resulta que entre más se intenta precisar la noción intuitiva de algoritmo más nos acercamos a la noción matemática de las máquinas de Turing,⁴⁹ sin embargo, para efectos de esta investigación, no me concentraré en la

⁴⁹ Para ver la propuesta de las máquinas de Turing, cfr. Turing, 1936. Para ver una discusión sobre la propuesta de Turing y su relación con la noción de algoritmo, ver Rapaport (2019, caps. 7 y 8).

noción de máquina de Turing; sino en las nociones de algoritmo que veremos a continuación:⁵⁰

Un algoritmo es un “proceso computacional” que satisface tres propiedades (informales):

1. Ser “determinado” (desarrollándose de acuerdo con una prescripción precisa, sin dejar lugar a una elección arbitraria),
2. Tener “aplicabilidad” (la posibilidad de empezar de objetos dados originalmente que pueden variar dentro de límites conocidos), y
3. Tener “efectividad” (la tendencia de los algoritmos a obtener cierto resultado, el cual se obtiene finalmente a partir de objetos apropiados dados originalmente) (Markov, 1954, p. 1).

Los algoritmos trabajan con cantidades que representan algún aspecto del mundo real de manera que puedan ser interpretadas por las computadoras. Las cantidades pertenecen a conjuntos especificados de objetos y son, por ejemplo, cadenas de caracteres o números.

Un algoritmo:

1. Es un procedimiento (es decir, un conjunto finito de reglas o instrucciones) que
2. En un número finito de pasos responde una cuestión, donde
3. Cada instrucción puede seguirse mecánicamente; no se requiere ingenio o invención.
4. Cada instrucción dice qué hacer a continuación; y
5. El algoritmo nos permite reconocer cuando los pasos llegan al final (Kleene, 1967, p. 223).

⁵⁰ Todas las definiciones de algoritmo son citas textuales.

Un algoritmo es un conjunto finito de reglas que da una secuencia de operaciones para solucionar un tipo específico de problema, con cinco características importantes:

1. Es finito; un algoritmo debe terminar siempre después de un número finito de pasos.
2. Debe ser definitivo: cada paso debe estar definido de manera precisa, las acciones a realizar deben estar especificadas de manera rigurosa y sin ambigüedad.
3. Un algoritmo tiene cero o más entradas.
4. Un algoritmo tiene una o más salidas.
5. Efectividad: Todas las operaciones que serán desarrolladas en el algoritmo deben ser lo suficientemente básicas, de modo que, en principio, pueden realizarse por un hombre de manera exacta en un periodo finito de tiempo, usando lápiz y papel (Knuth, 1973, p. 4).

Con “entradas”, Knuth se refiere a los datos con los que el algoritmo comienza a trabajar, cuando se habla de “cero” entradas quiere decir que el algoritmo trabajará sin datos.

Rapaport considera que se pueden sintetizar las definiciones presentadas hasta aquí de la siguiente manera:

Un algoritmo (que ejecutará el individuo E para obtener la meta G) es:

1. Un procedimiento, es decir, una serie (o secuencia) finita de estados (o reglas, o instrucciones), de modo que cada estado está:
 - a) Compuesto por un número finito de símbolos (o marcas) de un alfabeto finito
 - b) Y no es ambiguo para E, es decir:
 - i) E sabe cómo hacerlo
 - ii) E puede hacerlo
 - iii) Puede hacerse en un periodo finito de tiempo
 - iv) Y después de hacerlo, E sabe qué hacer a continuación
2. El procedimiento toma un periodo finito de tiempo;
3. Y termina con la obtención de G (Rapaport, 2019, p. 255).

Como podemos apreciar, aunque hay varias definiciones de algoritmo, estas definiciones no se oponen radicalmente entre sí, sino que más bien, cada una es más precisa en la definición de los elementos con respecto a la anterior. A partir de estas definiciones podemos caracterizar a los algoritmos de la siguiente manera:

Un algoritmo:

- 1) Es un proceso o procedimiento que se guía por reglas o instrucciones.
- 2) Las reglas deben ser claras y mecánicas.
- 3) Los pasos por realizar deben ser finitos, al igual que el tiempo en el que se desarrollan.
- 4) El último paso es alcanzable y reconocible.

Un ejemplo de algoritmo muy sencillo (Fuentes Penna, 2014) para el problema del viajero de negocios es el siguiente:

```
Definir el número de nodos, su posición y el costo por cada arista (i, j) donde i
= ciudad 1 y j = ciudad 2
Elegir el nodo inicial i
Hacer
Si el nodo más cercano no se ha visitado
Visitar nodo j
Actualizar lista de nodos visitados
Costo_total = costo_total + costoij
Nodo i = nodo j
Hasta haber visitado todos los nodos
```

Como se puede apreciar, este algoritmo consta de una lista de instrucciones que básicamente se refieren a determinar cuál es la distancia entre las distintas

ciudades del problema y cuál es el costo de cada paso. Para que esté bien determinado hace falta especificar el número de ciudades.

Volviendo a la caracterización de algoritmo presentada en este apartado, la consideración de las heurísticas como procedimientos falibles, que no garantizan que se obtendrá el resultado esperado, parece justamente oponerse a ellos. Sin embargo, como veremos a continuación, hay otras maneras de entender a las heurísticas, las cuales no necesariamente están en contra de los algoritmos y esto provocará que, en general, no sea correcto oponer radicalmente a los algoritmos y las heurísticas.

De cualquier modo, hay que tener en cuenta que la incertidumbre y la falibilidad son características muy importantes de las heurísticas que, efectivamente, generan grandes dificultades a quienes buscan ofrecer proyectos sistemáticos, normativos o formales de este tipo de estrategias. De igual manera son algunas de las características que tienen en cuenta quienes piensan que no es posible estudiar a las heurísticas de manera sistemática y normativa.

Sin embargo, como hemos visto en el ejemplo del problema del viajero de negocios, muchos de los desarrollos de IA se caracterizan por buscar algoritmos heurísticos para tratar de resolver los problemas que les interesan. En consecuencia, preguntarse por la relación entre algoritmos y heurísticas es una preocupación filosófica con respecto a la cual el trabajo en IA puede ofrecer respuestas interesantes.

b) Las heurísticas desarrolladas por un conocimiento incompleto

La segunda caracterización de las heurísticas consiste en entenderlas como métodos útiles cuando se cuenta con información incompleta o insuficiente para

generar un algoritmo que solucione el problema que se esté tratando de resolver. A pesar de que la información disponible sea inadecuada, puede usarse heurísticamente para mejorar la búsqueda de solución de problemas. Dentro de esta perspectiva está la propuesta de Lenat, por ejemplo (cfr. Romanycia y Pelletier, 1985, pp. 52-53).

A partir de este análisis, considero que estamos muy cerca de una noción de heurística que distingue entre una búsqueda selectiva y una búsqueda ciega, poniendo el acento en que la búsqueda heurística es selectiva, porque cuando se usa información para tratar de hacer más eficiente la solución del problema y concentrarnos solo en algunos caminos, también perdemos de vista los caminos que no recorremos. Desde esta última perspectiva, lo que hace que la "heurística" sea heurística es que hay un fallo en la información que poseemos, en este sentido, el problema es, más bien, epistemológico: dado que no conocemos toda la información que necesitamos, recurrimos a heurísticas, pero si en algún punto pudiéramos llegar a conocer o a procesar toda la información relevante, seguramente podríamos "algoritmizar" todos nuestros métodos de búsqueda. En consecuencia, mientras se pueden generar algoritmos para resolver el problema, andamos "a tientas", con lo cual el factor de incertidumbre de la heurística se debe, principalmente, a una falta de conocimiento. En esta propuesta, la heurística se relaciona más directamente con que no tenemos garantías de que, finalmente, obtendremos o completaremos la información que necesitamos para resolver el problema, pero buscar heurísticamente puede ayudarnos, en la práctica, a enfrentar lo que se necesita resolver. En mi opinión, las definiciones de Feigenbaum y Feldman, Tonge y Gelertner capturan, en alguna medida, esta interpretación de la heurística.

c) Las heurísticas como mejoradoras de procesos

En esta tercera caracterización, se pone el énfasis en que las heurísticas se usan para mejorar el comportamiento de un sistema de solución de problemas. Desde esta perspectiva, las heurísticas se entienden como herramientas que nos ayudan a hacer más eficientes los procesos, de modo que podamos economizar recursos. Cuando la cantidad de información se vuelve inmanejable, esta característica de las heurísticas aparece inmediatamente (cfr. Romanycia y Pelletier, 1985, pp. 53-55).

Esta perspectiva también se relaciona con entender a las búsquedas selectivas como opuestas a las búsquedas ciegas. Hay búsquedas ciegas que garantizan la solución de un problema, pero si es posible, en muchos casos, cuando se busca optimizar recursos se preferirá una búsqueda selectiva y no la búsqueda ciega.

Esta dimensión se observa con mucha claridad en las definiciones de Feigenbaum y Feldman, Tonge y Minsky.

d) Las heurísticas como guías para tomar decisiones

En esta caracterización se resalta que las heurísticas pueden ayudar a resolver un problema guiando las decisiones sobre qué camino conviene recorrer a continuación, cuando hay diversas posibilidades. Esta manera de entender a las heurísticas se ve, por ejemplo, en la propuesta de Albus. Desde su perspectiva podemos entender a los sistemas en, al menos, dos niveles: en el nivel más bajo tenemos un conjunto de reglas que podrían servirnos para enfrentar un problema y en un sistema más arriba tenemos reglas para elegir las reglas que usaremos en el nivel previo. Los dos conjuntos de reglas podrían ser algorítmicos o podría ser que alguno de ellos no lo sea. Lo relevante con respecto a la caracterización discutida

aquí, es que el sistema que está más arriba claramente juega el papel de recomendar qué paso seguir a continuación (cfr. Romanycia y Pelletier, 1985, pp. 55-56).

3.3. Relaciones posibles entre las cuatro caracterizaciones de la “heurística”

El análisis presentado hasta ahora muestra por qué resulta difícil ofrecer una noción unívoca de “heurística” y ayuda a comprender mejor algunas de las diferencias presentes en las distintas propuestas revisadas hasta ahora. A continuación, propongo considerar las cuatro características que hemos presentado y analizar las posibles relaciones entre ellas.

Por ejemplo, volvamos al problema del hombre de negocios, y supongamos que tenemos cuatro procesos distintos que nos permiten resolverlo. Estos cuatro procesos los caracterizaré de la siguiente manera:

a) El primer proceso nos garantiza que encontraremos una solución, pero para hacerlo necesitaremos ocupar un tiempo infinito o un tiempo muy largo para un humano y para las computadoras con las que contamos ahora. Este caso podría darse cuando tenemos el problema del viajero para 30 ciudades y pretendemos resolverlo con una búsqueda ciega.

b) El segundo proceso nos garantiza que encontraremos la solución, y que puede realizarse en un tiempo finito y a nuestro alcance. No hay un procedimiento de este tipo para resolver el caso del viajero de negocios cuando nos enfrentamos a un problema con muchas ciudades por recorrer, pero para este ejemplo podríamos suponer que tenemos una solución con estas características.

c) El tercer proceso no nos garantiza que llegaremos a la solución, pero puede realizarse en un tiempo finito y nos ayuda a reducir drásticamente los caminos a explorar, gracias a que consideramos información relevante. En el caso del viajero

de negocios, sí contamos con procesos de este tipo para intentar resolverlo: son los que en la primera sección presentamos como búsquedas acotadas o heurísticas.

d) El cuarto proceso no nos garantiza que llegaremos a la solución y además nos tomaría un tiempo indeterminado realizarlo. Si nuestro objetivo fuera resolver el problema, este proceso sería inadecuado para tratar de enfrentarlo.

¿Cuáles de estos procesos serían algorítmicos y cuáles heurísticos? ¿Alguno podría ser de ambos tipos?

De acuerdo con las caracterizaciones de heurística y algoritmo que hemos visto, podríamos decir lo siguiente sobre cada escenario:

a) De acuerdo con las primeras definiciones de algoritmo, en las que no se incluye el requisito de que el tiempo que dure el proceso debe ser finito, este proceso sí podría ser considerado algorítmico. Sin embargo, si incluimos la cláusula de que el proceso debe poder realizarse en un tiempo finito, entonces este proceso ya no sería un algoritmo y tampoco sería una heurística.

b) En este escenario, nuestro proceso sí contaría como un algoritmo, pues tendríamos un proceso definido con pasos finitos para resolver el problema. Esta solución no sería heurística, debido a que sí tenemos garantía de que encontraremos la solución. Por otro lado, si añadimos elementos extra, ya no estaríamos en este escenario, sino en el siguiente.

c) Este escenario sería claramente heurístico, por dos razones: porque no nos garantiza que encontraremos la solución y porque nos ayuda a reducir la cantidad de caminos a recorrer. Desde la perspectiva computacional estas soluciones deben

estar definidas en términos algorítmicos, por lo que tenemos aquí un proceso que cumple con las dos características.

d) El cuarto escenario no podría ser algorítmico, pues no cumple con las condiciones de ser un proceso finito que alcanzará la solución y tampoco podría ser considerado heurístico, porque si bien las heurísticas son falibles, deben ser útiles en algún sentido: en ayudarnos a reducir el espacio de búsqueda o en ayudarnos a economizar en los recursos que usamos, características que no aparecen aquí.

Además, podríamos hacer un análisis distinto de cada uno de estos casos, de modo que podríamos considerar algunos de estos escenarios como heurísticos, por razones distintas a las que hemos presentado. Por ejemplo, el análisis podría darse por la cantidad de información que tenemos y podríamos considerar algunos de estos procesos como heurísticos porque trabajan con información incompleta y eso es lo que produce que no tengamos garantía de llegar a la solución. O podría ser que consideremos heurísticos a estos procesos porque nos ayudan a hacer más eficiente el sistema.

Romanycia y Pelletier consideran que el hecho de que las cuatro características presentadas se encuentran entremezcladas cuando nos enfrentamos a un problema e intentamos resolverlo, es una de las razones por las que ha sido tan difícil precisar qué se entiende por heurística. Esto explica también porque algunos investigadores enfatizan un aspecto, mientras que otros se concentran en uno distinto.

Romanycia y Pelletier piensan que sí es posible dar una noción de heurística que capture todas las caracterizaciones aquí mencionadas. Su propuesta es ésta:

Una heurística en IA es cualquier dispositivo, ya sea un programa, regla, pieza de conocimiento, etc., del cual no estamos seguros que será útil en proveer una

solución práctica; pero uno tiene razones para creer que será útil, y se añade a un sistema de resolución de problemas con la expectativa de que, en promedio, el rendimiento del sistema mejorará (Romanycia y Pelletier, 1985, p. 57.)

Como podemos apreciar, Romanycia y Pelletier no insisten ya en la distinción entre heurística y algoritmo y resaltan como importantes los siguientes elementos:

- La incertidumbre.

- Que haya razones para decir que el dispositivo puede ser útil para resolver el problema.

- La esperanza de que mejorará el sistema al aplicar la estrategia heurística.

Considero que la propuesta de Romanycia y Pelletier no es suficiente, a pesar de que ellos lograron ver con mucha claridad las dificultades asociadas a esta noción. Me parece que su propuesta, si bien gana en generalidad, con lo que se evitan algunos problemas, también puede hacer que perdamos de vista elementos importantes para la discusión. En mi opinión, las cuatro características que ellos mismos detectaron y analizaron son muy importantes y no se reflejan con claridad en su propia propuesta. Para comprender mejor todavía a la noción de heurística, hay que tener en cuenta también algunos puntos más.

Por una parte, hay que considerar que, en la práctica, los teóricos de IA e incluso los de Psicología Cognitiva seguirán trabajando y avanzarán en sus programas de investigación sin la necesidad de contar con una noción precisa de heurística. Y probablemente, si les preguntamos qué es una heurística nos darán una respuesta cercana a alguna de las caracterizaciones que hemos presentado, de acuerdo con lo que esté más cercano a ellos en su experiencia. Esto causa dificultades en el sentido de que, dado que hay múltiples proyectos con diferentes fines, la

noción de “heurística” podrá ser más o menos distinta, de acuerdo con cada proyecto y con cada finalidad.

Por ejemplo, pensemos en la caracterización de “mejoramiento del sistema”. Aunque sabemos que esto se refiere a que el sistema debe buscar economizar el espacio de búsqueda o el tiempo en el que se realizarán los procesos, esto variará mucho dependiendo de cuál sea el problema que estemos enfrentando o el contexto en el que estemos. Si alguien tiene una empresa y quiere hacer un tipo específico de máquina, se podría querer economizar en el costo del equipo que se necesita, por poner un caso, y a lo mejor no se le da tanta importancia a que la máquina realice los procesos en poco tiempo o con menos pasos. O podríamos tener a un profesor que está interesado en que sus alumnos conozcan muchos métodos distintos para resolver un problema, sin importar en principio que los métodos sean los más eficientes en cuanto al tiempo que requieren para realizarse, el número de pasos que tengan que hacer o la cantidad de reglas que se ocupen.

No es lo mismo estar interesado en transmitir conocimientos o habilidades, que estar interesado en usar la computación para resolver problemas sobre cómo economizar recursos en una empresa, cómo encontrar eficientemente documentos en una base de datos o cómo saber cuál es la ruta más corta para llegar a un lugar determinado. En este sentido, me parece que no es posible dar una definición de heurística que sea completamente independiente del contexto en el que se está usando en cada caso.

Es interesante también notar que aunque las nociones de heurística y algoritmo pudieran definirse adecuadamente para los sistemas computacionales, siempre que haya una dependencia humano-computadora (y casi siempre la hay, pues la

computadora existe gracias al humano que la crea, la programa y la usa para resolver problemas), podemos cuestionarnos cómo se le ocurrió al programador diseñar un algoritmo o un algoritmo heurístico, y si nos concentramos en ese proceso, seguramente surgirían elementos de las teorías de razonamiento heurístico vistas en el capítulo 2. En consecuencia, hay que tener cuidado con no confundir las discusiones o los procesos relacionados.

En conclusión, considero que la propuesta de Romanycia y Pelletier sobre cómo entender a las heurísticas no logra capturar de manera adecuada los elementos que ellos mismos mostraron que eran relevantes y por eso me parece insuficiente. En el quinto capítulo presentaré una caracterización de heurística que me parece más adecuada para conservar la complejidad de esta noción presentada en este capítulo.

3.4. Conclusiones

En este capítulo he presentado, de manera general, cómo se entiende un problema en Inteligencia Artificial, cuáles son sus elementos y cómo se busca resolverlo. A partir de esto, discutí cómo aparecen las nociones de algoritmo y heurística en esta disciplina.

Como vimos, mientras que parece que se ha logrado precisar bastante bien lo que se entiende por “algoritmo”, la noción de heurística no ha corrido con la misma suerte y precisarla es complicado, debido a que hay varias caracterizaciones posibles de la misma, las cuales pueden, incluso, en algunas ocasiones, oponerse unas a otras.

Considero que el análisis de las nociones de heurística en IA presentado en este capítulo, nos muestra que la mejor manera de enfrentar a la noción de heurística no es oponerla a la noción de algoritmo, sino, más bien, considerar, al menos, las cuatro

caracterizaciones que Romanycia y Pelletier asocian a ella: el papel de la incertidumbre, las heurísticas desarrolladas por un conocimiento incompleto, las heurísticas como mejoradores de procesos y como guías para la toma de decisiones.

Finalmente, considero que cada problema concreto para el que se quieran utilizar estrategias heurísticas, determinará cuál de las características asociadas a ella será más relevante o será la que se debe tener en cuenta. En consecuencia, en ocasiones no aparecerán las cuatro caracterizaciones, sino solo algunas de ellas, por lo que tampoco debemos entenderlas como condiciones necesarias, sin embargo, pienso que en las diferentes discusiones de las disciplinas estudiadas en este trabajo, las cuatro caracterizaciones aparecen en mayor o menor medida. Por ello, el análisis hecho hasta el momento nos ofrece ya una visión general de las heurísticas que precisaré todavía más en el quinto capítulo.

Antes de llegar a ello, en el siguiente capítulo presentaré el trabajo desarrollado por Simon y sus colaboradores (Langley, et.al., 1987), referente al problema del descubrimiento científico y el desarrollo de programas computacionales que emulan procesos de este tipo. Elegí esta propuesta porque es un trabajo interdisciplinario que reúne, precisamente, a las tres disciplinas discutidas en esta investigación y es una propuesta que pretende integrar y resolver desde una perspectiva computacional las problemáticas abordadas en este trabajo.

Como veremos, Simon y su equipo lograron desarrollar dos programas computacionales que emulan procesos de descubrimiento y asociados al desarrollo de estos programas, enfrentaron los problemas teóricos de la distinción entre los contextos de descubrimiento y de justificación y de la distinción y relación entre Lógica y heurística.

A partir del análisis de la propuesta de Simon y su equipo mostraré cómo desde el ámbito computacional se ha logrado establecer una manera de integrar a la Lógica con la heurística que permite estudiar de manera más sistemática algunos procesos de descubrimiento científico y esto servirá de introducción para el último capítulo en el que discutiré y vincularé todas las propuestas estudiadas a lo largo de esta investigación.

CAPÍTULO 4. DESCUBRIMIENTO, LÓGICA Y HEURÍSTICA. LA PROPUESTA DE HERBERT SIMON, ET. AL.

Introducción

Después del recorrido realizado hasta ahora, una propuesta que conjunta inquietudes de las tres disciplinas abordadas en esta investigación y que nos ofrece algunas claves importantes para enfrentar los problemas planteados en esta investigación es el trabajo desarrollado por Herbert Simon, y varios colaboradores, principalmente, Pat Langley, Gary Bradshaw y Jan Zitkow, quienes, en conjunto, desarrollaron los programas computacionales GLAUBER y BACON que buscan emular descubrimientos científicos (cfr. Langley, et. al., 1987).

Además de desarrollar estos programas, Simon y algunos de los investigadores recién mencionados también reflexionaron, en diversos lugares, sobre los problemas planteados en el primer capítulo de esta tesis acerca de la distinción entre contextos de descubrimiento y de justificación y de la posibilidad de hablar de una “lógica del descubrimiento”. En consecuencia, en este capítulo, además de presentar su propuesta general, discutiré también sus conclusiones acerca de los problemas filosóficos recién mencionados.

El trabajo de Simon y su equipo es un trabajo interdisciplinario, porque es el resultado de enfrentar inquietudes desarrolladas en las tres disciplinas tratadas en esta tesis: Psicología Cognitiva, Filosofía de la Ciencia e Inteligencia Artificial y además puede considerarse como un trabajo “empírico” y no solo teórico, desde la perspectiva computacional, dado que los programas computacionales GLAUBER y BACON existen, son capaces de procesar datos y “generan descubrimientos”. Por estas razones, considero que es importante revisar esta propuesta, para

posteriormente, discutir sus respuestas y alcances con respecto a las problemáticas planteadas a lo largo de esta tesis.

Hay otros investigadores que también han desarrollado programas computacionales relacionados con el descubrimiento científico. Lenat y Greiner (1980), por ejemplo, trabajaron en el desarrollo de los programas AM y EURISKO y a últimas fechas hay muchos investigadores cuyos proyectos están relacionados con esta temática.⁵¹ Sin embargo, en este trabajo decidí concentrarme en la propuesta de Simon, et. al., porque es una propuesta con un marco teórico muy cercano al propuesto en mi investigación, que tiene en cuenta las problemáticas filosóficas que he planteado en el capítulo 1, se puede vincular con claridad con las propuestas de los psicólogos estudiadas en el capítulo 2, y hay algunos artículos donde Simon y otros investigadores se ocupan de las problemáticas sobre la posible normatividad de la Lógica y las heurísticas (cfr. Simon y Zitkow, 1988). Un estudio más detallado sobre las otras propuestas computacionales que se vinculan con el descubrimiento tendrá que ser objeto de una investigación posterior.

El trabajo de Herbert Simon y su equipo lo presentaré de la siguiente manera: en primer lugar, haré una breve exposición de los programas computacionales GLAUBER y BACON y su funcionamiento. Estos programas emulan procesos de descubrimientos científicos, por lo cual, a partir de su desarrollo, Simon y su equipo

⁵¹ Sobre los programas AM y EURISKO se pueden consultar Lenat y Greiner, 1980; Lenat y Brown, 1983. Una crítica a varios sistemas computacionales relacionados con el descubrimiento científico se encuentra en Alai, 2004. Para programas computacionales sobre descubrimiento en Matemáticas se puede consultar Colton, 2007. Para una presentación más amplia de varios desarrollos computacionales de descubrimiento científico, ver, en general, Dzeroski y Todorovski (eds.), 2007. Un ejemplo más reciente que vincula el conocimiento científico computacional con las teorías de las ciencias cognitivas se encuentra en Addis, et. al, 2016.

piensan que pueden responder a algunas preguntas vinculadas directamente con esta investigación y que presentaré posteriormente. En segundo lugar, presentaré su propuesta con respecto a la posibilidad de hablar de una lógica del descubrimiento, y finalmente presentaré su propuesta con respecto a la posibilidad de distinguir entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación.

4.1. Los programas GLAUBER y BACON desarrollados por Simon, et. al.

Estos programas fueron desarrollados por Simon y su equipo a lo largo de varios años y la presentación y resultados de estos programas se encuentran en diversos artículos y libros, siendo uno de los más relevantes *Scientific Discovery, Computational Explorations of the Creative Processes*, de 1987. Sin embargo, para la presentación que hago en este capítulo, me baso, principalmente, en el artículo de 1988, de Simon y Zitkow, titulado “Sistemas normativos de descubrimiento y lógica de la búsqueda”.⁵²

Los programas GLAUBER y BACON emulan procesos de descubrimiento científico. Ambos programas buscan formar conceptos y encontrar regularidades empíricas, solo que GLAUBER trabaja con datos cualitativos en el ámbito de la química, mientras que BACON lo hace con datos cuantitativos dirigido a las leyes de la física.

El funcionamiento del programa GLAUBER es descrito por Simon y Zytkow así:

Los datos utilizados por GLAUBER consisten en un conjunto de hechos observacionales cualitativos, como “ácido clorhídrico con sabor amargo” y “el ácido clorhídrico se combina con hidróxido de sodio para formar cloruro de sodio”. Los datos de entrada en GLAUBER se representan como listas que

⁵² Todas las traducciones de citas que aparecen en este capítulo son mías, con excepción del artículo de Simon (2001).

empiezan con un *predicado* seguido por listas de *atributo-valor* (Simon y Zytkow, 1988, p. 67).

En el caso del cloruro de sodio, el predicado es “reacciona” y los datos de entrada son el “ácido clorhídrico” y el “hidróxido de sodio”.

GLAUBER acepta conjuntos de hechos y busca hechos que tengan el mismo predicado, el mismo atributo, y el mismo valor para ese atributo. Cuando una colección de hechos es descubierta, GLAUBER crea una clase (o clases) de valores que difieren en estos hechos y un patrón que se establece de la misma manera que los hechos originales, excepto en que los diferentes valores son reemplazados por nombres de clases (...)

Clases idénticas o muy similares son creadas para los diferentes patrones. El sistema compara clases y combina aquellas que tienen un alto porcentaje de elementos en común. Al mismo tiempo, ambos conjuntos de patrones se asocian con la clase combinada. Por ejemplo, habiendo generado la clase de las sustancias que se prueban por el sabor, GLAUBER nota que cada miembro de esta clase también tiene un patrón asociado con la clase “reacción NaOH”, y viceversa. Como resultado, los miembros de estas dos clases se combinan en una nueva clase. Esta clase se asocia con los dos patrones, uno que tiene que ver con el sabor y el otro con las reacciones NaOH.

(...) Dado que los patrones se generan de la misma manera como los hechos iniciales, GLAUBER puede aplicar su método de abstracción recursivamente a los patrones que se van obteniendo. De esta manera puede llegar a un patrón más general. Después de que la siguiente ronda de obtención de patrones se completa, el sistema otra vez compara y combina clases y patrones (Simon y Zytkow, 1988, pp. 67-68).

Por otra parte, Simon y Zitkow describen el funcionamiento del programa BACON de la siguiente manera:

BACON hace descubrimientos por inducción en cuerpos de datos. Se ocupa principalmente de conceptos numéricos (variables). Dado un conjunto de variables independientes y una variable dependiente, BACON cambia una de las variables independientes, manteniendo fijos los valores de todas las otras variables independientes. Registra los valores correspondientes de la variable dependiente y busca una función que relacione las distintas variables independientes con la variable dependiente. Una vez que esa función es encontrada, BACON da los parámetros de la función en los que la variable

dependiente está hasta el nivel más alto del árbol de búsqueda. En el nivel más alto, el sistema toma la siguiente variable independiente y trata de relacionarla con los nuevos términos dependientes. Este proceso continúa recursivamente hasta que todas las variables independientes se incorporan en una relación cuantitativa (Simon y Zytkow, 1988, p. 66).

El mismo Simon (2001) explica el funcionamiento de BACON de una manera más sencilla. BACON es “un sistema de descubrimiento de leyes dirigido por datos” (Simon, 2001, p. 56) y nos da estos ejemplos: A partir de algunos datos obtenidos por experimentación u observación, BACON trató de encontrar una ley algebraica que describiera los datos: “Dados los datos sobre las masas y temperaturas de dos frasquitos de agua y la temperatura de equilibrio cuando son mezclados, [BACON] llega a la ley de Black, la cual dice que la temperatura de equilibrio es la media de las temperaturas de los dos líquidos componentes, ponderados por sus mismas masas” (Simon, 2001, p. 56).

Además, a BACON se le dieron dos líquidos diferentes mezclados, como agua y alcohol y el programa pudo determinar que la temperatura de equilibrio también es una media de las temperaturas de los componentes, pero que los pesos debían obtenerse de multiplicar las masas por una constante para cada líquido; es decir, BACON también “descubrió” la noción de “calor específico” de manera independiente al descubrimiento de esta noción que fue propuesta, primeramente, por Black (cfr. Simon, 2001, p. 56).

Simon y Zytkow explican que con este tipo de procedimientos, BACON “redescubrió” varias leyes de la física y la química de los siglos XVIII y XIX, como la ley de Ohm, la ley de Boyle, las leyes de Kepler y la ley de Coulomb, entre otras.

En el artículo de 1988, los mismos Simon y Zytkow señalan que la presentación del funcionamiento de estos programas expuestos aquí no es la mejor, (resulta más conveniente ir a otros trabajos para comprenderlos mejor), pero es suficiente para

mostrar lo que les interesa: el desarrollo de estos sistemas computacionales muestra que es posible “traducir” las estrategias de descubrimiento al nivel requerido para hacer programas de computación. Esto se vincula directamente con las problemáticas de esta investigación, pues si la propuesta de Simon es exitosa, es una muestra de que es posible tratar en alguna medida, de manera formal y sistemática los procesos de descubrimiento científico, lo que resulta relevante para discutir acerca de la distinción entre contextos de descubrimiento y justificación y para discutir la posibilidad o no de hablar de una “lógica del descubrimiento”.

Así, desde la propuesta de Simon, et.al., tenemos que el “descubrimiento científico” se entiende como un caso de resolución de problemas, en donde, al tener un problema bien definido y datos con los que trabajar, pueden desarrollarse algoritmos que, mediante el uso de estrategias heurísticas, descubren patrones y por tanto logran emular procesos de descubrimiento científico.

Esto los lleva, justamente, a proponer que es posible hablar de una “lógica del descubrimiento”, de lo cual me ocuparé en el siguiente apartado.

4. 2. ¿Por qué es posible hablar de una “lógica del descubrimiento” según Simon, et.al.?

4.2.1. La Lógica como reconocimiento de patrones

Desde varios años antes del desarrollo de los programas GLAUBER y BACON, Herbert Simon (1973) pensaba que sí era posible hablar de una “lógica del descubrimiento científico” y que, por lo tanto, tratar de distinguir el contexto de descubrimiento del de justificación sosteniendo que solo se podía dar un tratamiento lógico al último estaba equivocado.

Simon considera que su propuesta es una crítica directa a Popper,⁵³ y piensa que la propuesta de este último está contenida en la siguiente afirmación: “Si no hay algo así como un método lógico para tener nuevas ideas, entonces no hay algo así como un método lógico para tener pequeñas nuevas ideas” (Simon, 1973, p. 473). Simon defenderá que sí es posible tener métodos lógicos para las “pequeñas nuevas ideas” y, por lo tanto, puede desestimarse la propuesta más general de Popper en contra de la posibilidad de que exista una lógica para el descubrimiento.

Simon plantea el problema de qué se entiende por una “lógica del método”. Con respecto a esto nos dice:

Normalmente llamamos “lógico” a un proceso cuando satisface las normas que hemos establecido para él y estas normas se derivan de nuestro interés de que el proceso sea eficaz o eficiente para lograr el objetivo para el que fue establecido. Así, una lógica del método científico es un conjunto de estándares normativos para juzgar los procesos usados para descubrir o probar teorías científicas, o la estructura formal de las mismas teorías. El uso del término “lógico” sugiere que las normas se pueden derivar de las metas de la actividad científica. Es decir, una teoría normativa descansa en proposiciones contingentes como las siguientes: “Si un proceso X va a ser eficaz para obtener una meta Y, entonces debe tener las propiedades A, B, C” (Simon, 1973, p. 473).

Con esto Simon ya anticipa que considera posible, de manera fuerte, presentar una propuesta normativa para el descubrimiento, dada la noción que tiene de aquello que es “lógica”.

⁵³ Simon considera que su propuesta es una objeción directa al planteamiento de Popper, con respecto a la distinción entre contextos; aunque como hemos visto en el capítulo 1, y ha mostrado Aliseda en el capítulo “Descubrimiento” (2014), entre otros lugares, la postura de Popper al respecto es más compleja de lo que suele presentarse y, por tanto, hay que tener cuidado también con la interpretación que Simon hace de ella. Sin embargo, me atenderé por el momento a la manera de presentar esta problemática por parte de Simon.

Simon describe así su propuesta general:

(...) supongamos que tenemos una meta G , un conjunto de procesos $p \in P$, y un conjunto de condiciones $c \in C$. Las condiciones pueden ser atribuidas a los procesos, de modo que $c(p)$ es una función de $C \times P$ a los valores de verdad V y F . Si, ahora, $(\forall c) (G \supset c)$, entonces, podemos tomar C como un conjunto de normas para P con respecto a G . Esto es, si lograr la meta G , implica que las condiciones C , sean satisfechas, entonces debemos emplear un proceso p , que satisface C (como el de $\forall c(c(p) = V)$) (Simon, 1973, p. 473).

Y aplica esta propuesta al descubrimiento científico de la siguiente manera:

Si G es la meta de descubrir leyes científicas válidas, y P es la clase de los procesos de descubrimiento, entonces C ofrece una teoría normativa del descubrimiento científico. Si G es la meta de probar la validez de leyes propuestas, y P es la clase de los procesos "testados", entonces C provee una teoría normativa de leyes "testadas". Las premisas, $G \supset c$, pueden en sí mismas tener una base lógica o una base empírica (...) (Simon, 1973, p. 473).

Simon piensa que puede evitar el problema de la inducción,⁵⁴ presentado por Popper, basado en lo siguiente: "un proceso de descubrimiento de una ley es un proceso para recodificar conjuntos de datos empíricos" (Simon, 1973, p. 475) y "una teoría normativa del descubrimiento científico es un conjunto de criterios para evaluar procesos de descubrimiento de leyes" (Simon, 1973, p. 475).

Simon piensa que si necesitamos postular un elemento irracional o una intuición creativa para explicar el descubrimiento, estaremos cerca del pensamiento de Popper; pero si podemos dar una descripción de cómo las personas hacen esos descubrimientos y una teoría normativa de maneras eficientes para hacer esos

⁵⁴ El problema de la inducción fue planteado, entre otros, por David Hume (2015), [1748] y se refiere a que no es válido lógicamente obtener una conclusión general a partir de observaciones particulares. Popper (1959), está de acuerdo con esto y por eso considera que la inducción no es un método adecuado para la investigación científica.

descubrimientos, entonces es posible construir una lógica del descubrimiento, al menos para problemas modestos.

Simon presenta un ejemplo que simplificaré un poco para efectos de este trabajo, supongamos que tenemos la siguiente secuencia:

ABMCDMEFMGHIJMKLMMNMOPMQRMSTMUVMWXMYZMABMC...

Al examinarla nos damos cuenta de que hay un patrón y que puede ser descrito como una secuencia de tríadas: en la primera tríada aparecen las primeras dos letras del alfabeto (AB), en la segunda tríada, las siguientes dos letras (CD) y así sucesivamente, mientras que la tercera letra de cada tríada siempre es una M. Al darnos cuenta de esto, podemos generar una fórmula general para la secuencia, la cual es presentada por Simon de la siguiente manera: " $n(\alpha)n(\alpha)s(\beta)$ ", donde $\alpha=Z$; $\beta=M$ (los valores iniciales de los alfabetos), $n(\alpha)$ significa "reemplace el símbolo por el siguiente símbolo del alfabeto" y $s(\beta)$ significa "repita el mismo símbolo β ". Se asume que los alfabetos son circulares por lo que a Z le seguirá la A.

Ahora bien, supongamos que el problema que tenemos es justamente, cómo encontramos el patrón que nos da la fórmula " $n(\alpha)n(\alpha)s(\beta)$ ". Hay diferentes maneras de hacerlo.

Para lograrlo, podemos generar una secuencia de patrones como la siguiente: $s(\alpha)$, $n(\alpha)$, $s(\alpha)s(\beta)$, $n(\alpha)n(\beta)$, $s(\alpha)n(\alpha)$, $s(\alpha)n(\beta)$, y así sucesivamente. El patrón que buscamos " $n(\alpha)n(\alpha)s(\beta)$ " aparecerá, aproximadamente, después de que generemos los primeros cincuenta patrones. Si resolvemos el problema de este modo, hemos "descubierto" el patrón que buscamos a partir de generar una secuencia de fórmulas con un cierto orden, probando cada una hasta que alguna corresponda a la secuencia que buscamos. A este proceso generativo, Simon y Newell le llamaron el "algoritmo

del Museo Británico” en honor al planteamiento de los supuestos monos que podrían generar los volúmenes del Museo Británico usando este algoritmo (cfr. Simon, 1973, p. 476).

Sin embargo, es sencillo construir un patrón de descubrimiento que sea más eficiente que el algoritmo del Museo Británico. Simon propone un algoritmo de este tipo y lo llama “Algoritmo de **búsqueda heurística**”:⁵⁵

Aprovechando la información que se encuentra explícitamente en la secuencia presentada, puede construirse un algoritmo adecuado directamente, con poca o ninguna prueba y error. (...) En el caso que nos ocupa, se encontraría que cada tercer símbolo en la secuencia es una "M". A partir de este hecho, se puede conjeturar que la secuencia tiene un periodo de tres símbolos. Después, nos damos cuenta de que el segundo símbolo en cada triada terminado por una "M" es el sucesor en el alfabeto del primer símbolo, y que el primer símbolo es el sucesor en el alfabeto del segundo símbolo de la tríada anterior. Esta información es suficiente para definir el patrón “ $n(\alpha)n(\alpha)s(\beta)$ ”. Finalmente, las condiciones $\alpha = Z$ y $\beta = M$, pueden determinarse directamente, considerando los símbolos apropiados en la secuencia.

Así, si queremos reducir los casos de ensayo y error en la búsqueda requeridos para encontrar la fórmula que describe la secuencia, se preferirá el segundo algoritmo al primero. El Algoritmo del Museo Británico trata alternativas sistemáticamente hasta que encuentra la que busca; mientras que el Algoritmo de búsqueda heurística extrae información a partir de la secuencia buscando generar directamente la alternativa que funcionará (Simon, 1973, pp. 476-477).

Así, Simon considera que ya cuenta con los elementos suficientes para hablar de una teoría normativa de los procesos de descubrimiento:

La teoría normativa del proceso de descubrimiento puede verse como una rama de la teoría de la complejidad computacional. Dada una clase de problemas computacionales, queremos descubrir algoritmos que sean más eficientes en promedio o si no se puede encontrar el más eficiente, buscamos descubrir al menos uno que haga un buen uso de la información disponible en la situación del problema (Simon, 1973, p. 477).

⁵⁵ Las negritas son mías.

Simon considera que las normas pueden tener una base lógica o una base empírica y piensa que una de las razones por las que se ha considerado que ciertos procesos no pueden ser objeto de un “análisis lógico”, sino que son solo susceptibles de descripción, se debe al componente empírico. Sin embargo, Simon piensa que si se interpreta la frase “análisis lógico” de forma más general, sí se puede hacer un análisis lógico de cualquier proceso orientado a una meta. ¿En qué consiste esta forma más general de entender al “análisis lógico”? Presentaré la respuesta que da Simon a esta pregunta en el artículo que escribió con Zytkow en 1988.

4.2.2. Analogía entre Lógica y búsqueda heurística

Simon y Zytkow proponen una analogía entre lo que ellos llaman la “búsqueda heurística” y la Lógica. Así, nos dicen:

Dado que las heurísticas y los operadores cambian de un estado a otro, ellos son análogos a las reglas de inferencia en lógica. Las reglas de inferencia deductiva en lógica son operadores que garantizan la validez deductiva y, por tanto, la “no-creatividad” de las transformaciones. Las heurísticas, en un sentido amplio, no garantizan la validez deductiva o la completud, pero en cambio, incrementan la eficiencia de la búsqueda (Simon y Zytkow, 1988, p. 71).

Ahora bien, aunque en el apartado 4.2.1 vemos que están proponiendo una noción de Lógica distinta a la noción tradicional de lógica clásica, al proponer esta analogía entre “Lógica” y “búsqueda heurística” queda la duda de qué es lo que realmente quieren proponer como Lógica y cuál es la relación entre heurísticas y Lógica. No es claro si realmente proponen que la noción de Lógica se amplíe o si más bien están hablando de dos sistemas distintos, que podríamos clasificar uno como Lógico y el otro como heurístico.

Esta ambigüedad se muestra con la tabla que presentaré a continuación, propuesta por Simon y Zytkow y en la que presentan con mayor profundidad esta analogía entre la noción de “lógica” y la noción de “búsqueda”. Es interesante

observar los paralelismos que proponen y darnos cuenta de que es posible entender tanto a la Lógica, como a la búsqueda computacional, como dos tipos de procesos que presentan elementos análogos en su desarrollo.

Tabla 1 (Simon y Zytkow, 1988, p. 71).

Lógica	Búsqueda
- Espacio de fórmulas sintácticamente correctas.	- Espacio de búsqueda (espacio de posibles estados de conocimiento).
- Reglas de inferencia.	- Operadores, reglas heurísticas.
- Consecuencias lógicas de una fórmula.	- Punto buscado en un espacio de búsqueda desde un estado dado.
- Conjunto de consecuencias de una premisa.	- Árbol de búsqueda desde un estado dado.
- Decidibilidad.	- Complejidad computacional.

Al presentar esta tabla como una analogía, no es claro que la búsqueda heurística deba entenderse como una parte de la Lógica, más bien parecen distinguir Lógica y búsqueda como dos procesos diferentes, que presentan algunas similitudes. Esto es importante, porque en su propuesta de la lógica del descubrimiento expuesta en el apartado 4.2.2, parecía que era posible integrar las búsquedas heurísticas dentro de la noción de Lógica, lo cual es compatible también con entender a la Lógica como reconocimiento de patrones. Sin embargo, hace falta entonces aclarar cómo debe entenderse la analogía entre “Lógica” y “búsqueda

heurística” y cómo la segunda quedaría subsumida en la primera. Como veremos a continuación, Simon y Zytkow sí entienden que la búsqueda heurística formaría parte de la lógica del descubrimiento, pero quiero llamar la atención sobre esta distinción “analógica”, sobre todo para discutir posteriormente las semejanzas y diferencias entre esta propuesta y las propuestas de Psicología Cognitiva, en particular, la de Gigerenzer y el grupo ABC, lo cual realizaré en el siguiente capítulo.

Por otro lado, esta analogía presentada por Simon y Zytkow es muy interesante, pues muestra que es posible equiparar la manera de proceder en Ciencias Computacionales a la manera de proceder en Lógica. Considero que es, también, un paso en la dirección de mostrar que si la Lógica se entiende desde una perspectiva computacional (entendiéndola como resolución de problemas, por ejemplo), se pueden generar propuestas que permitan tener mayor claridad en la manera en que se puede ampliar la noción de Lógica para enfrentar problemas como el de la metodología o la “lógica” del descubrimiento científico. Esto será muy relevante de cara a las conclusiones que presentaré en el siguiente capítulo.

4.2.3. La “lógica del descubrimiento” en la propuesta de Simon y Zytkow

Finalmente, Simon y Zytkow abundan en la discusión acerca de si es posible hablar de una “lógica del descubrimiento”. De manera similar a como se presenta la discusión en Filosofía de la Ciencia (Cfr. Cap. 1), Simon y Zytkow consideran que, si se entiende la Lógica en un sentido restringido, tendríamos que concluir que no es posible hablar de una lógica del descubrimiento. Sin embargo, si se amplía la noción de Lógica, sí será posible hacerlo. Ellos están a favor de esta última opción, y hacen una propuesta de la manera en qué debe ampliarse la noción de Lógica para poder hablar de una “lógica del descubrimiento”:

Nuestra comparación de los conceptos relacionados con la búsqueda heurística y con los conceptos lógicos demuestra que los sistemas de descubrimiento pueden ser considerados en términos lógicos y que pueden ser parte de la lógica

del descubrimiento, si solo relajamos los criterios para tal lógica. Hay que disminuir tres criterios: la no falibilidad (validez lógica) de las inferencias; la existencia de una única, mejor solución y la aplicabilidad de un sistema a todos los datos (Simon y Zytkow, 1988, p. 84).

Es interesante notar que, al proponer la relajación en estos criterios específicos, Simon y Zytkow están dando los pasos necesarios para introducir a las heurísticas en su noción de Lógica. Recordemos que las heurísticas son estrategias falibles, no existe una única heurística que sea la que debe utilizarse, sino que podemos tener distintas herramientas heurísticas y podemos aplicar en algunos casos unas y en otros casos otras y, por último, al hablar de que no debe haber un único sistema que se aplique a todos los datos, favorecen también la diversidad de heurísticas y de usos de las mismas.

Simon y Zytkow abundan:

Nuestro análisis de los sistemas de descubrimiento existentes demuestra relación entre las normas que pueden utilizarse para hacer descubrimientos y reglas de inferencia. Estas normas no garantizan el descubrimiento (¿qué lógica podría hacer eso?), ni garantizan la máxima eficiencia en realizar un descubrimiento. No sería razonable esperar una lógica de descubrimiento que cumpla cualquiera de estos criterios. Lo que una lógica del descubrimiento debe hacer, y lo que creemos que ha sido hecho por varios sistemas de descubrimiento, es proporcionar reglas heurísticas de procedimiento que constituirían un buen consejo para alguien que desee hacer un descubrimiento. Una lógica del descubrimiento es una descripción de un científico razonable — un conjunto de normas para hacer ciencia (Simon y Zytkow, 1988, p. 84).

Así, en esta propuesta, Simon y Zytkow concluyen que sí es posible hablar de una lógica del descubrimiento, siempre y cuando se amplíe la noción de Lógica, de manera que sea posible incluir en ella las estrategias heurísticas computacionales.

En este punto me parece interesante notar que, mientras en esta propuesta se busca ampliar a la noción de Lógica para poder incluir a las heurísticas en ella, en las propuestas de Psicología Cognitiva (cfr. Cap. 2), tanto en la de Kahneman y

Tversky, como en la de Gigerenzer, se trata de mantener por separado ambas nociones. Recordemos que para Kahneman y Tversky, se puede hablar de dos sistemas, el “intuitivo” y el “lógico” y los razonamientos heurísticos se encuentran en el primer sistema (cfr. Tversky y Kahneman, 1974). Por su parte, Gigerenzer, aunque entiende el razonamiento heurístico de manera positiva, también enfatiza que los sistemas de razonamiento heurístico son distintos de los sistemas de razonamiento lógico (cfr. Gigerenzer, et. al., 1999). Ahondaré en este punto en el siguiente capítulo.

A partir de esta manera de entender a la Lógica, Simon y Zytkow profundizan en por qué es posible dar una propuesta normativa para el descubrimiento, lo cual discutiré en la siguiente sección.

4.3. Una propuesta normativa para el descubrimiento

4.3.1. Las normas “MUST”, “MAY” y “SHOULD”

A partir de lo dicho hasta aquí, Simon y su equipo piensan que es posible estudiar el descubrimiento en Filosofía de la Ciencia y, además, que es posible hacerlo de manera normativa.

Consideran que si se observa la historia de la ciencia y los cursos en los que se pretende enseñar a los futuros científicos cómo funciona la disciplina –de lo que forma parte el objetivo de obtener nuevos descubrimientos –, es posible darse cuenta de que hay propuestas normativas (es decir, propuestas en las que se indican los pasos que deben seguirse buscando obtener un resultado) y también es posible evaluar estas propuestas, en cuanto a los resultados que obtienen.

Simon y su equipo consideran que es posible sistematizar estos elementos metodológicos y que, para el caso de la búsqueda de nuevo conocimiento, algunos de estos elementos pueden reconstruirse como sistemas de descubrimientos.

Estos sistemas pueden tener tres tipos de normas, que estarán definidas básicamente por el grado de necesidad que plantean. Estos grupos de normas son llamados “MUST”, “MAY” y “SHOULD”.⁵⁶

1. Las normas “MUST” deben especificar las cosas que deben hacerse para obtener las metas deseadas. Por ejemplo: “Para que un enunciado sea considerado un teorema, DEBE producirse una prueba” (Simon y Zytkow, 1988, p. 77).

El grado de necesidad que exigen estas normas es el más alto. Especifican lo que se está obligado a tener para poder asegurar que se alcanzará lo que se está buscando.

2. Las normas “MAY” son más débiles y permiten una variedad de maneras para alcanzar la meta. Un procedimiento que busca una prueba encarna una norma “MAY”, aunque éste u otro procedimiento “MAY” pueda ser utilizado para alcanzar la meta. Los procedimientos científicos son, en gran medida, del tipo “MAY” porque casi cualquier objetivo científico puede alcanzarse de muchas maneras. Entre estos hay mejores y peores métodos, y hay también métodos tan pobres que parece inútil seguirlos, incluso si no se conocen otros mejores (Simon y Zytkow, 1988, p. 77).

Este tipo de reglas implica ya un grado de necesidad menor y como señalan los autores, este tipo de normas suele presentarse cuando hay diversas maneras de enfrentar un problema, y al menos, en principio, no hay criterios que determinen qué camino es mejor seguir, aunque muy rápidamente podrán darse algunos criterios para especificar qué caminos conviene seguir y cuáles no.

3. Usualmente no hay una base para elegir el método óptimo; los métodos son aplicados cuando la experiencia ha mostrado que son lo “suficientemente buenos”. Los métodos “suficientemente buenos” se llaman “satisficing”. Podemos llamarlos también métodos “SHOULD”, y son los objetivos primarios de los sistemas de descubrimiento (...) (Simon y Zytkow, 1988, p. 77).

⁵⁶ Dada la variedad de traducciones de estos términos al español y la ambigüedad que puede presentarse en la comprensión de los mismos, prefiero dejar los nombres de los tipos de normas en su idioma original, el inglés.

Por supuesto, cuando los métodos “SHOULD” son mejorados, las versiones mejoradas reemplazan a las anteriores. En términos de nuestra comparación anterior entre búsqueda y lógica; las normas MUST corresponden a la lógica como un algoritmo no determinista; las normas MAY corresponden a varios sistemas superpuestos de heurísticas y control; mientras que las normas SHOULD corresponden a los probadores de teoremas satisfactorios que son relativamente eficientes (Simon y Zytkow, 1988, p. 77).

Este tercer tipo de normas es el que tiene el menor grado de necesidad, en el sentido de que se refiere a normas que pueden ofrecer muy pocas garantías de que serán útiles.

Como se puede apreciar, al proponer estos tres tipos de normas, Simon y Zytkow dan un papel preponderante a las estrategias heurísticas en su propuesta, las cuales además están entendiendo ya como normas, en mi opinión de manera muy similar a como Gigerenzer entiende también a las heurísticas en su propuesta. Sobre esto profundizaré en el siguiente capítulo.

Para caracterizar los distintos tipos de normas, las metas juegan un papel muy importante. Las metas son cruciales para la validación de las normas.

¿Cuál es la fuente de las normas para los sistemas de descubrimiento? Una aproximación se concentra en la práctica científica y trata de reconstruir las metas de la ciencia real (científicos) y las relaciones entre ellas. La generación de leyes y modelos, y la creación de conceptos e instrumentos, pertenecen a esta categoría de actividades. Otra aproximación comienza por metas establecidas al estilo platónico. Estas deben ser verdaderas, simples, justificadas, etcétera. Necesitan ser interpretadas para poder llegar a ser constructivas. En este proceso una definición lógica favorita puede usarse para verdad, justificación, etcétera.

Los sistemas normativos de descubrimiento pueden usar ambas aproximaciones. Estamos más inclinados al primer tipo de metas, pero podemos admitir el uso de las del segundo tipo.

Dentro de la comparación entre lógica y búsqueda, las metas delimitan los espacios de búsqueda, mientras que los requerimientos adicionales de eficiencia se satisfacen mediante búsquedas selectivas heurísticas (Simon y Zytkow, 1988, pp. 77-78).

Aquí observamos que Simon resalta a las metas como un elemento importante, debido a su comprensión del descubrimiento como un problema de tipo computacional. En el siguiente capítulo discutiré si esta manera de comprender a las metas en particular, es relevante para la discusión sobre contextos en Filosofía de la Ciencia. Del mismo modo, discutiré también qué tan adecuada es la propuesta general de entender al descubrimiento como un caso de “resolución de problemas computacionales”.

4.3.2. Un paradigma de búsqueda para una teoría normativa del descubrimiento

A partir de lo dicho hasta aquí, Simon y Zytkow consideran que están en posibilidades de ofrecer lo que ellos mismos llaman un “paradigma de búsqueda para una teoría normativa del descubrimiento”. Ellos consideran que este paradigma pertenece tanto a la Inteligencia Artificial como a la Filosofía de la Ciencia.

Este paradigma tiene los siguientes pasos:

1. Toma una o más metas científicas en un momento dado y construye un sistema computacional que busque estas metas. No se trata de desarrollar un programa que satisfaga todas las metas bajo todas las circunstancias posibles. Más bien, hay que buscar un sustituto razonable para una meta general. Por ejemplo, la meta de encontrar una ley es entendida por BACON como la meta de encontrar una ley que pueda ser descompuesta en regularidades lineales. Esquemas de inferencia y estrategias de control para los sistemas de descubrimiento pueden ser abstraídos de estudios de casos de descubrimientos particulares o del consejo de científicos particulares, incluidos los programadores.
2. Deja que el programa modifique su trayectoria en respuesta a los datos. El programa se vuelve más eficiente de esta manera, porque puede adaptarse a la situación particular descrita por los datos.
3. Valida el sistema normativo investigando el rango de metas que puede buscar y su eficiencia en alcanzar estas metas. La validación emplea una combinación de experimentación y análisis teórico. (...)

La aproximación normativa al descubrimiento consta (...) de dos partes complementarias: sistemas de descubrimiento y conjuntos de criterios para juzgar la eficacia y eficiencia de estos sistemas.

4. Organizar los sistemas de descubrimiento en un sistema más amplio permitiéndoles interactuar entre ellos. (...)
5. Reconstruir el sistema científico de metas. Cada sistema individual de descubrimiento se ocupa de metas limitadas. Si los sistemas individuales se combinan, la necesidad de entender las relaciones entre las metas se vuelve crucial. La claridad de las metas es también crucial para un entendimiento de la variedad de la ciencia. (...)
6. No separar el descubrimiento de la justificación.⁵⁷ Los procesos de descubrimiento y de justificación están entrelazados en la ciencia. Un intento por separarlos al estilo hipotético-deductivo obstaculizaría el desarrollo de los sistemas de descubrimiento (Simon y Zytkow, 1988, pp. 78-81).

Con respecto a esta propuesta de Simon y Zytkow es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Como se puede apreciar en el punto 1, la determinación de las metas es muy importante. Esto significa que si las metas no están bien definidas, seguramente el sistema no funcionará. Desde este punto se puede discutir qué es lo que nos ofrece realmente esta propuesta, pues muchas veces los descubrimientos científicos se obtienen por accidente, en problemas en los que no estaba clara la meta que se buscaba. En mi opinión, en este punto se explicita, más bien, una necesidad de los sistemas computacionales que buscan emular el descubrimiento científico: **es necesario** definir los problemas en términos de metas para que podamos desarrollar un programa computacional. Además, dado este requerimiento, parece que en realidad el programa, más que propiamente ayudarnos a encontrar o describir procesos para hacer descubrimientos, podrá ofrecer explicaciones de procesos por los que podría haberse dado un descubrimiento en el pasado, pero como algo posterior a lo que ya se descubrió y no de manera previa.

⁵⁷ Simon se refiere en este punto a la distinción entre los contextos de descubrimiento y de justificación. Para recordar esta distinción, ver el capítulo 1, sección 1.3.1.

b) De acuerdo a lo dicho en el punto 3, en este paradigma se ofrecen tanto sistemas de descubrimiento, como una evaluación de estos sistemas. Estas son dos cuestiones distintas que es importante tener en cuenta para la evaluación final de toda la propuesta.

4.3.3. La solución de Simon y Zytkow al problema de la distinción entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación

A partir de estas consideraciones, Simon y Zytkow ofrecen una respuesta al problema de la distinción entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación. Aunque consideran que pueden distinguirse conceptualmente, en la práctica esto no siempre sucederá, de hecho, en algunas ocasiones, los descubrimientos aparecen al mismo tiempo que se obtiene su justificación. En sus propias palabras:

Por supuesto, la justificación y el descubrimiento pueden separarse conceptualmente, y los sistemas de descubrimiento pueden ser estudiados desde ambas perspectivas. Si se aplica este análisis a BACON y GLAUBER, se demuestra que las regularidades son descubiertas al mismo tiempo que son justificadas. Desde que un proceso típico de descubrimiento procede en una secuencia de pasos que puede ser muy larga, y dado que cada paso sucesivo puede ser guiado por la información acumulada por los pasos previos, para el momento en que el proceso esté completo, la ley que se ha descubierto estará también probada contra la evidencia y encontrada consistente con ella. Así, hay un considerable traslape entre los procesos de descubrimiento y justificación. De hecho, la justificación solo se necesita para probar una ley contra la nueva evidencia que no haya sido considerada como parte del proceso de descubrimiento (Simon y Zytkow, 1988, pp. 80-81).

Con esto, como conclusión, Simon considera que el trabajo de su equipo en el área computacional presenta un desafío a la propuesta general de distinguir entre el contexto de descubrimiento y de justificación, sobre todo porque en los sistemas BACON y GLAUBER, como se explicita en el número 6 recién presentado, los procesos de descubrimiento funcionan también como procesos de justificación.

Además, Simon y su equipo consideran que sus programas computacionales han logrado encontrar procesos sistemáticos para descubrir patrones y por tanto estudiar el descubrimiento de manera normativa e incluso evaluar cuáles procesos son mejores que otros.

Antes de finalizar este capítulo mostraré cómo aparecen las cuatro características de la heurística presentadas en el capítulo anterior en esta propuesta.

4.4. Las cuatro caracterizaciones de la heurística en la propuesta de Simon, et. al.

Considero que en la propuesta de Simon y Zytkow aparecen las cuatro características de la heurística discutidas en el capítulo 3, de la siguiente manera:

1. Sobre la distinción entre heurísticas y algoritmos: Al proponer entender los procesos de descubrimiento científico como procesos de reconocimiento de patrones y de resolución de problemas usando la lógica y las estrategias de búsqueda, Simon y sus colaboradores incluyen en su propuesta una noción de heurística que no estará peleada con los algoritmos; de hecho, vemos que ellos mismos proponen recurrir a “algoritmos de búsqueda heurística” cuando haga falta.

2. Sobre la falta de conocimiento: Las heurísticas también se relacionan en esta propuesta con la falta de conocimiento, pues precisamente una de las características de los procesos de descubrimiento es que hay información relevante que no se conoce hasta que se resuelve el problema investigado. Es interesante en este punto volver a la solución que proponen Simon y sus colaboradores al problema de la distinción entre contextos: la distinción es difícil de sostener debido a que los descubrimientos pueden darse al mismo tiempo que se obtiene la justificación de los mismos. Sin embargo, yo no considero que esto zanje la cuestión definitivamente. Si bien es cierto que esto puede pasar con algunos descubrimientos, no tiene por qué

ocurrir con todos y, además, hay otras razones para seguir sosteniendo la distinción entre contextos. Entre ellas están las otras caracterizaciones de la heurística a las que, particularmente, Simon y su equipo también les otorgan un papel muy relevante.

3. Sobre la eficiencia y la guía para tomar decisiones: Es interesante notar que las últimas dos caracterizaciones de la heurística propuestas por Romanycia y Pelletier resultan muy importantes en la propuesta de Simon, et.al., esto se ve en que insisten en tratar de elegir las mejores reglas o estrategias que se tengan disponibles, para hacer más eficientes los procesos y tomar mejores decisiones. Además en esta manera de entenderlo, se entrelazan las dos últimas caracterizaciones.⁵⁸

Considerar la manera en que las cuatro caracterizaciones de la heurística aparecen en esta propuesta es interesante, pues estamos frente a un desarrollo del área de las Ciencias Computacionales que, en algún sentido (aunque se discutirá sobre esto en el siguiente capítulo), resulta exitoso en cuanto a su objetivo principal: generar programas computacionales que emularan procesos de descubrimiento y que propone una comprensión de la Lógica que permite incluir a las heurísticas de manera armónica en todo el sistema. Como veremos en el siguiente capítulo la propuesta de Simon, et. al., será útil para ilustrar algunas de las principales conclusiones que presentaré en este trabajo.

4.5. Conclusiones

Para concluir, resumo las principales propuestas de Simon y Zytkow en los siguientes puntos:

⁵⁸ Recuérdese que las normas MAY son las que se refieren a procesos que pueden realizarse de varias maneras distintas; y las normas SHOULD son las que han mostrado su eficiencia de manera débil, en la práctica.

1) Es posible entender a los procesos de descubrimiento en general y a los procesos de descubrimiento científico en particular, como procesos de resolución de problemas, de la manera en que se entiende la resolución de problemas en el ámbito computacional. Sin embargo, es importante también señalar que esto no significa que se reduzcan todos los procesos vinculados al descubrimiento a procesos de resolución de problemas. En el caso de los descubrimientos realizados por humanos, hay que considerar también, por ejemplo, la intuición, las emociones, la creatividad y en general, todos los procesos inconscientes que acompañan al razonamiento. En este sentido, hay que señalar que no se puede decir que los programas computacionales estudiados aquí realizan descubrimientos de la misma manera en que los humanos los hacen; sin embargo, considero que sí podemos considerar a estos programas como una herramienta útil para realizar ciertos procesos y como una herramienta en alguna medida normativa y descriptiva, aunque sobre esto abundaré más adelante.

2) Dado que es posible generar programas de computación que emulen procesos de descubrimiento científico, sí se pueden tratar sistemáticamente estos procesos e incluirlos en el ámbito de la metodología y de la Filosofía de la Ciencia.

3) Es posible hacer un programa normativo del descubrimiento científico.

4) Dados los elementos anteriores, Simon piensa que es posible hablar de una “lógica del descubrimiento” y para esto presenta algunas analogías entre los elementos de los sistemas lógicos y los elementos de los sistemas de descubrimiento que él propone.

5) Simon piensa que, en general, no es posible hacer una distinción radical entre el contexto de descubrimiento y el de justificación, porque al mismo tiempo que se generan los procesos de descubrimiento se encuentran los procesos de justificación.

A partir de estos 5 puntos, encuentro que en esta propuesta se ofrece una solución particular a los principales problemas planteados en esta tesis: ¿qué es la Lógica?, ¿qué es la heurística? y ¿cuáles son las relaciones entre ellas? Simon y Zytkow apuntan ya a entender la Lógica como un sistema de reglas de inferencia que se complementa por las distintas estrategias heurísticas con las que pueden enfrentarse los problemas que nos interesa tratar. Sobre esto profundizaré en el siguiente capítulo.

Considero que la propuesta de Simon y su equipo, aun con sus limitaciones, es interesante para discutir algunos de los problemas abordados en esta investigación. La existencia de los programas BACON y GLAUBER representa, en alguna medida, un éxito con respecto al interés que ha existido siempre por encontrar la manera de formalizar procedimientos de descubrimiento (y que no se había logrado con claridad anteriormente), y es importante resaltar que llegar a esta propuesta implicó pensar el descubrimiento científico en términos de problemas computacionales. Todos estos elementos serán muy relevantes para mi propia propuesta, la cual se perfilará propiamente en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 5. RELACIONES ENTRE LÓGICA Y HEURÍSTICA

Introducción

Una vez considerado el panorama de los capítulos anteriores, en este capítulo ofreceré mi contribución principal sobre cuál es la mejor manera de caracterizar a las nociones de heurística y Lógica y cómo conviene entender las relaciones entre ellas, con la finalidad tanto de comprender mejor a las propuestas teóricas que involucran a la noción de heurística, así como de mostrar sus alcances y sus límites en la discusión científica interdisciplinaria contemporánea.

En este capítulo abordaré los problemas propuestos a lo largo de esta tesis de la siguiente manera: en primer lugar, ofreceré una propuesta final de la noción de heurística (que aplicará, principalmente, para las “heurísticas” en plural), después daré mi propuesta final sobre la manera en que conviene entender a la Lógica de cara a los problemas enfrentados en esta investigación y ofreceré una última discusión sobre las propuestas teóricas estudiadas a lo largo de la tesis. Finalmente, en las conclusiones responderé a las preguntas planteadas en la introducción de este trabajo.

5.1. Una caracterización de las “heurísticas”

Propongo que la mejor manera de entender a las heurísticas a partir de la aproximación que he realizado en este trabajo es la siguiente:

Las heurísticas son procesos, reglas, estrategias o guías de razonamiento que se usan en atención a la resolución de problemas bajo condiciones de incertidumbre, falibilidad o falta de conocimientos y cuando se busca economizar recursos o hacer los procesos más eficientes.

Esta propuesta retoma elementos, principalmente, del análisis de Romanycia y Pelletier (cfr. Cap. 3) y la Psicología Cognitiva (cfr. Cap. 2), pero no es exactamente la noción que se suele proponer desde estas disciplinas, pues difiere en algunos de

los aspectos que han sido problematizados y criticados a lo largo de esta investigación.

Para mostrar las semejanzas y diferencias a las que me refiero, desglosaré los elementos de la noción de heurística que acabo de presentar:

5.1.1. Las heurísticas como procesos, reglas, estrategias o guías de razonamiento

En este apartado rescato las principales maneras de entender a la noción de “heurística” en las diferentes propuestas en las que aparece. Considero que los cuatro términos mencionados (procesos, reglas, estrategias y guías) capturan la idea de que existen “patrones de razonamiento” que pueden ser útiles para resolver algún problema, una vez que estos patrones sean explicitados podrán ser usados posteriormente para tratar de resolver problemas similares.

Recordemos que en la Introducción mencionamos que se puede hablar de tres tipos de proyectos en Psicología, que pueden plantearse de manera análoga para cuestiones de metodología de la ciencia, y para las Ciencias Computacionales. Los proyectos descriptivos tratan de mostrar cómo razonan las personas, los normativos tratan de establecer cómo deberían razonar las personas y los evaluativos tratan de determinar si los procesos de razonamiento concuerdan con los estándares normativos adecuados (cfr. Samuels, Stich y Faucher, 2004, p. 1).

En las Ciencias Computacionales, en general, el término “proceso” se refiere a las instrucciones que se deben seguir para resolver un problema, por lo que tiene una carga más bien normativa; sin embargo, en la Psicología Cognitiva sí es relevante plantear la distinción entre lo descriptivo y lo normativo. Desde esta perspectiva prefiero ampliar la noción de “heurística”, más que restringirla, y por eso considero relevante tener ambos términos.

He decidido distinguir entre las nociones de “procesos” y “reglas”, para que el término “proceso” se refiera a lo que podría ser el aspecto descriptivo de estos tipos

de razonamiento, mientras que el término “regla” capture el aspecto normativo de los mismos. Desde esta perspectiva, por ejemplo, podríamos tener un algoritmo para resolver un problema y lo entenderemos como “proceso” si queremos enfatizar en que es una manera posible de resolver un problema o es la manera en que alguien lo enfrenta, mientras que lo entenderemos como “regla” en el caso de que digamos que así es cómo debe resolverse el problema.

Por otra parte, los términos de “estrategia” y “guía” son términos que involucran una carga normativa menor que la de “regla” y precisamente por tener esta carga menor, hacen referencia a que las heurísticas no son procedimientos rigurosos, que deban seguirse al pie de la letra para obtener un resultado determinado.

En el área de la Filosofía de la Ciencia, esta manera de entender a las heurísticas se encuentra en las discusiones sobre metodología científica, principalmente en la problemática de si es posible estudiar sistemáticamente, al menos en alguna medida, los procesos de descubrimiento científico (cfr. Popper, 1980; Lakatos, 1983 y para una discusión más general de las diferentes posturas al respecto, Schickore, 2018).

Para quienes piensan que sí es posible hacer este tipo de estudio, surge la posibilidad de hablar de una disciplina general que agrupe a las “heurísticas particulares” y a la que llamamos Heurística (con mayúscula) en este trabajo. Éstas son las ideas que, por ejemplo, busca desarrollar George Polya, en su texto, ahora considerado clásico, *How to Solve It?*, cuando señala que el objetivo de la Heurística es estudiar los métodos de las reglas del descubrimiento y la invención (cfr. Polya, 1973).

Por su parte, desde el área de la Psicología Cognitiva, la propuesta de Gigerenzer y el grupo ABC también podría apoyar la posibilidad de hablar de una disciplina Heurística, al considerar que es posible estudiar de manera normativa los

diferentes tipos de razonamiento heurístico. Recordemos que para Gigerenzer y el grupo ABC, es posible establecer las estrategias heurísticas algorítmicamente y evaluarlas con respecto a su eficacia con respecto a otros tipos de razonamiento o resolución de problemas (cfr. Gigerenzer, et. al., 1999 y el capítulo 2 de esta investigación).

Hay que destacar que al proponer esta caracterización de “heurística” se está asumiendo, implícitamente, que hay distintos tipos de razonamiento, y que la “heurística” sería uno de estos tipos. Como vimos en los capítulos 1 y 2, en las discusiones tanto de metodología científica, como de Psicología Cognitiva, suele oponerse a los procesos o razonamientos “heurísticos” con los procesos o razonamientos “lógicos”. En el primer caso, esta oposición se remonta a la distinción de los métodos de análisis y síntesis en la metodología de la geometría y aparece en algunas versiones de la distinción entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación (cfr. Cap. 1). En el segundo caso esta oposición se encuentra en el origen de las propuestas de razonamiento heurístico, tanto de Kahneman y Tversky, como de Gigerenzer (cfr. Cap. 2). Más adelante argumentaré que proponer una oposición entre “razonamientos lógicos” y “razonamientos heurísticos” no será lo más adecuado; sostendré que es posible distinguir entre distintos tipos de razonamiento y que aquellos que cumplan con ciertas características, podrán ser calificados como “heurísticos”. ¿Cuáles son las características de estos razonamientos que nos permite calificarlos como heurísticos? Son las que discutiré a continuación.

5.1.2. Heurísticas bajo condiciones de incertidumbre, falibilidad y falta de conocimiento

En este apartado quiero poner el énfasis en que las heurísticas están vinculadas a:

1) procesos o problemas en donde hay incertidumbre —no sabremos si lograremos encontrar una solución para el problema que enfrentamos—,

2) falibilidad —sabemos que la heurística o heurísticas que utilicemos pueden fallar— o

3) nos encontramos con una falta de conocimientos que nos impiden realizar otro tipo de procesos inferenciales que podrían ayudarnos a resolver el problema que enfrentamos, esto último podría ser, bien porque nos falta información, o porque los problemas no estén bien definidos.

Considero que una de las principales razones por las que surgió la oposición entre la Lógica y las heurísticas en las discusiones estudiadas, es precisamente por estos aspectos de las heurísticas. Se consideraba que la Lógica era infalible y que las reglas que ella ofrecía nos garantizaban que alcanzaríamos lo que buscábamos, mientras que las heurísticas no nos ofrecían esa garantía. Desde la Filosofía de la ciencia, esto se observa, por ejemplo, en la propuesta de distinguir entre los métodos de análisis y síntesis (cfr. Hintikka y Remes, 1974), y en algunas maneras de distinguir entre los contextos de descubrimiento y justificación (cfr. Nickles, 1980; Lakatos, 1983). Por su parte, en la Psicología Cognitiva, tanto la propuesta de Kahneman y Tversky como la de Gigerenzer y el grupo ABC, sostienen una diferencia entre los razonamientos lógicos y los heurísticos como la mencionada aquí (cfr. Kahneman 2003a, 2003b y Gigerenzer, et. al., 1999).

Más adelante profundizaré en por qué no será correcto sostener ya esta distinción entre Lógica y heurística, pero considero que, efectivamente, sí es

adecuado caracterizar a las heurísticas como procesos de razonamiento vinculados a incertidumbre, falibilidad y falta de conocimientos.

5.1.3. Heurísticas para economizar recursos o buscar eficiencia

En este apartado, me refiero a la necesidad de economizar recursos, pues es un elemento presente en la mayoría de las caracterizaciones de las heurísticas, sobre todo desde el área de la Inteligencia Artificial y de las propuestas de Psicología Cognitiva estudiadas en esta investigación⁵⁹ (cfr. Russell y Norvig, 2004, caps. 3 y 4, y Gigerenzer, et. al., 1999); aunque también, como vimos en el capítulo 1, es una lectura posible del “criterio de economía” de Peirce. Este elemento es importante porque es posible que haya diversas maneras de encontrar la solución a un problema y puede haber casos en los que, incluso, se conozca un método efectivo para alcanzar la solución (por ejemplo, se cuenta con un algoritmo que después de un determinado número de pasos obtendrá la solución que se busca), pero puede ser que la cantidad de pasos a realizar sea muy amplia y no se disponga de los recursos necesarios (tiempo o espacio) para llevarlos a cabo. Esto también es relevante cuando se tiene poco tiempo para hacer un razonamiento o se tienen que tomar decisiones con pocos recursos en la deliberación. En consecuencia, en casos como estos, las heurísticas ofrecen una buena alternativa para enfrentar los problemas dados y aunque no puedan garantizarnos que obtendremos la respuesta correcta, es preferible usarlas por la economía de recursos que puede lograrse con ellas, recordemos que

⁵⁹ Es importante tener en cuenta que la “economía” es un elemento presente, sobre todo, en propuestas vinculadas con la ingeniería. Sin embargo, en otras áreas de investigación de las Ciencias Computacionales puede ser una noción que se entienda de otro modo o una noción que no sea relevante, considérense, por ejemplo, investigaciones sobre creatividad computacional, en investigaciones de este tipo no necesariamente se busca “economizar” recursos.

Gigerenzer es un férreo defensor del uso de las heurísticas por este motivo (cfr. Cap. 2).

5. 2. Problemas que se evitan con esta noción de “heurística”

Considero que con esta propuesta cubro los elementos comunes que la noción de heurística tiene en las tres disciplinas estudiadas en esta investigación y además evito los siguientes problemas:

1) Al no hacer referencia a la noción de “descubrimiento” de manera directa en mi caracterización, evito los problemas asociados a la distinción entre “descubrimiento” y “justificación” y evito la necesidad de asociar a las heurísticas con solo uno de estos dos aspectos de la metodología científica. Sin embargo, esto no significa que no pueda haber procesos heurísticos vinculados a procesos de descubrimiento científico, o a otros momentos de la metodología científica. El cambio que propongo es no asociar necesariamente a las heurísticas con el descubrimiento, aunque se puede mantener la distinción entre contextos. Podremos decir que hay heurísticas asociadas a procesos de descubrimiento cuando estos procesos presenten las características especificadas en la propuesta que di en la sección anterior.

2) Como vimos en el capítulo 3, la manera de entender la relación entre algoritmos y heurísticas era problemática y causaba confusiones entre los investigadores. Algunos investigadores sostenían que si había procesos algorítmicos no necesitábamos de las heurísticas, mientras que otros hablaban de “algoritmos heurísticos”. Mi conclusión fue que algoritmos y heurística no tienen por qué oponerse necesariamente y al no introducir la noción de algoritmo en mi propuesta para caracterizar a las heurísticas, evitamos el problema de distinguir erróneamente entre heurística y algoritmo. Como hemos visto desde el área de las Ciencias Computacionales, de hecho, hay algoritmos que incluyen heurísticas y desde la

Psicología Cognitiva, la propuesta de Gigerenzer presenta a las heurísticas como algoritmos. Por otro lado, también podría haber heurísticas que no estén asociadas con algoritmos, aunque este tema queda fuera de los alcances de este trabajo.

3) De acuerdo con esta propuesta, no es necesario distinguir entre razonamiento lógico y razonamiento heurístico, con lo cual evitamos tener que distinguir radicalmente entre Lógica y heurística (lo cual será relevante por la caracterización de la Lógica que propondré más adelante). Con esto me alejo del origen histórico de las principales propuestas sobre razonamiento heurístico en Psicología Cognitiva, las cuales, como vimos en el capítulo 2, surgieron, principalmente, como una respuesta a los experimentos que mostraban que los humanos no razonaban de acuerdo con las reglas de la lógica clásica (cfr. Stein, 1996 y capítulo 2, sección 2.2. de esta investigación).

Como ya he mencionado, comprender a la heurística de la manera aquí propuesta abre la posibilidad de hablar de diferentes tipos de razonamientos y de diferentes tipos de procesos metodológicos en ciencia, con lo cual, podré defender que sí hay una manera de estudiar, por lo menos algunos aspectos de los procesos de descubrimiento. Se podrán ubicar mejor, en el panorama general de la Filosofía, algunos estudios particulares que ya se han hecho al respecto, como la propuesta de Peirce sobre la abducción, por ejemplo. Esto lo veremos un poco más adelante.

5.3. Una caracterización de la Lógica

Así como especificar qué se entiende por heurística ha sido difícil, especificar qué se entiende por Lógica también es complicado. Esto, porque en las distintas teorías se suele asumir una noción de Lógica que generalmente no se explicita y que varía de una propuesta a otra.

Uno de los pocos lugares en donde sí estaba claro qué se entendía por Lógica era en las discusiones de la Psicología Cognitiva, en donde se solía sostener que el

criterio de racionalidad era la “lógica clásica” (cfr. Stein, 1996 y el capítulo 2, sección 2.2 de esta investigación).

Sin embargo, como vimos en el capítulo 1, en las discusiones de Filosofía de la ciencia sobre los contextos de descubrimiento y de justificación, el panorama era mucho más complicado. Se solía asumir que, en general, en el contexto de justificación se encontraban las pruebas “lógicas” de los descubrimientos. Sin embargo, con el advenimiento de las lógicas no clásicas surgieron diferentes maneras de entender a la Lógica y como hemos visto, discusiones filosóficas acerca de la noción misma de Lógica, de sistema lógico y de la posibilidad general de hablar o no de “lógicas del descubrimiento” (cfr. Shickore, 2018).

Por su parte, en las Ciencias Computacionales, aunque la lógica subyacente es la lógica clásica, la comprensión de la noción misma de Lógica ha evolucionado y se ha hecho más compleja de acuerdo con los problemas e investigaciones en las diferentes áreas de estudio. En particular, en esta investigación he profundizado en los trabajos del área de la Inteligencia Artificial, en donde el problema se plantea al considerar lo que se entiende por “inteligencia”. Como vimos, en estas propuestas la “inteligencia” se refiere a la “acción racional” y se sostiene que “idealmente, un agente inteligente realizará la mejor acción posible para una situación dada” (cfr. Russell y Norvig, 2004, cap. 2). Como se puede apreciar, esta noción de inteligencia es muy amplia y esto abrió las puertas no solo a considerar a la lógica clásica o a la teoría de la probabilidad como elementos relevantes para la racionalidad, sino que también favoreció la inclusión de las heurísticas en las discusiones y a partir de esto surgieron propuestas en las que la Lógica se vinculó con las heurísticas, no solo en la práctica, sino también en la concepción de la Lógica misma.

Entre las propuestas más relevantes en este sentido están las de Kowalski y Gillies, las cuales discutiré en el siguiente apartado.

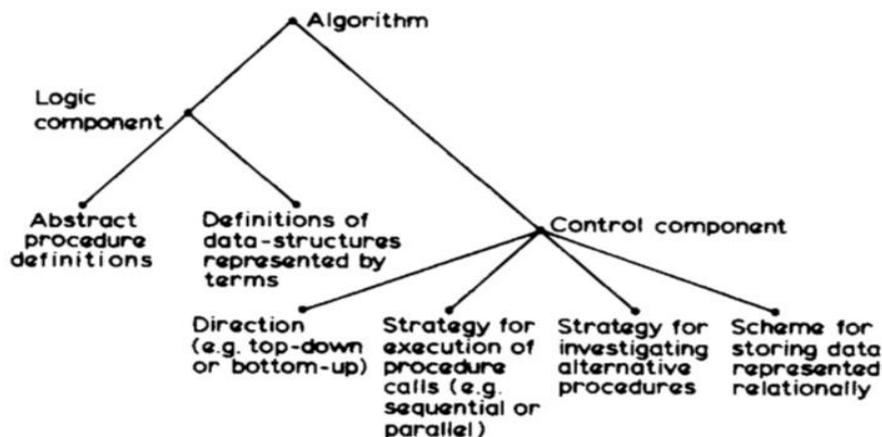
5.3.1. La Lógica como inferencia + control

Kowalski, al desarrollar sus ideas sobre la programación lógica, en particular sobre lo que era un algoritmo en computación, introdujo la siguiente ecuación:

“Algoritmo = Lógica + Control” (Kowalski, 1979a, p. 125).

Y abundó sobre esta fórmula: “Los programas lógicos expresan solo el componente lógico L de los algoritmos. El componente de control C es ejercido por el ejecutor del programa, ya sea siguiendo sus propias decisiones de control determinadas de manera autónoma, o bien siguiendo las instrucciones dadas por el programador” (Kowalski, 1979a, p. 125).

Como podemos ver, en este contexto aparece tanto la Lógica como la heurística, esta última en el elemento de “control”. Esta caracterización de control que propone Kowalski es similar a la de la caracterización de toma de decisiones mencionada por Romanycia y Pelletier. Kowalski ilustra su propuesta con el siguiente esquema (1979b, p. 425):



El componente lógico es el que presenta los elementos del sistema, mientras que el elemento de control, entre otras cosas, indica la dirección en que se seguirán los pasos, genera estrategias para ejecutar procedimientos y genera estrategias para investigar procesos alternativos para resolver el problema. Estas tres actividades se

pueden entender como actividades correspondientes a las heurísticas que entrarían en el apartado de ser guías para la toma de decisiones, y también serían similares a las normas “MAY” y “SHOULD” propuestas por Simon.

Por su parte, Gillies propone una extensión de la fórmula de Kowalski:

“Lógica = Inferencia + Control” (Gillies, 1996, p. 85).

Y nos dice:

La imagen es ésta: cuando empleamos la Lógica, comenzamos con un conjunto de asunciones a partir de las cuales queremos derivar algunas conclusiones. Para lograr obtener estas derivaciones necesitamos un conjunto de reglas de inferencia (el componente inferencial). Sin embargo, en adición a estas reglas de inferencia, generalmente necesitaremos en la práctica alguna guía acerca de cuáles asunciones elegir y qué reglas de inferencia aplicar. Esta guía constituye el componente de control. Así, el componente de control debe especificar, en cada paso de la derivación, cuáles de las asunciones debemos emplear, y cuáles de las reglas de inferencia deben aplicarse a estas asunciones o a resultados obtenidos previamente. De manera más general, el componente de Control será diseñado para ayudar en la construcción de la derivación de una prueba o una conclusión (Gillies, 1996, p. 85).

En esta propuesta encuentro dos aspectos muy relevantes:

1) La caracterización de la Lógica como el elemento inferencial más el elemento de control hace que la comprensión de la misma sea más compleja y vaya más allá de solo plantearla como la “lógica clásica”; además de que Gillies, al referirse solo al aspecto inferencial de la misma, deja abierta la posibilidad de que se puedan usar distintos sistemas lógicos y no únicamente la lógica clásica.

2) El elemento llamado de “control” es, precisamente, el elemento “heurístico” en esta propuesta. Al caracterizar Gillies al elemento de control como la “guía” que indica qué reglas de inferencia aplicar, está asumiendo implícitamente la noción de heurística que he defendido en este trabajo. Al hacer una demostración en Filosofía, por ejemplo, con un sistema de deducción natural, contamos con factores de incertidumbre, porque puede haber diferentes maneras de realizar una prueba y

podemos usar diferentes reglas y obtener inferencias válidas, pero esto no nos garantiza que llegaremos finalmente a la conclusión que buscamos. Como no hay una única manera de avanzar, necesitamos esta “guía” que apueste por uno de los caminos posibles. Esto es lo que las heurísticas nos ofrecen.

Con esta propuesta, más que entender a la Lógica y la Heurística como disciplinas o tipos de razonamiento distintos, separados de manera radical (a la manera en que se buscaba separar a los procesos de descubrimiento de los de justificación, o a la manera en que se proponía en el origen de las teorías de razonamiento heurístico de la Psicología), se propone una relación colaborativa y complementaria entre Lógica y heurística que, en mi opinión, es más fructífera y explica mejor lo que de hecho sucede tanto cuando hacemos metodología científica como cuando razonamos cotidianamente.

Como mencioné en la Introducción de este trabajo, uno de los problemas en Filosofía de la Lógica, derivado de la multiplicidad de sistemas lógicos con los que contamos hoy es el de qué requisitos debe cumplir un sistema para poder ser considerado lógico y se suele problematizar con respecto a las propiedades metalógicas⁶⁰ que debe poseer un sistema para poder ser considerado lógico, (por ejemplo, si se debe incluir a la propiedad de monotonía o no como un criterio indispensable para que un sistema pueda ser considerado lógico) (cfr. Gabbay, 1994 y Manzano, 2004). En mi opinión, la propuesta de Gillies queda en un nivel distinto

⁶⁰ Las propiedades metalógicas son las propiedades formales que posee un sistema lógico formal, para poder decir que un sistema posee determinada propiedad deben ofrecerse pruebas rigurosas de ello. Entre las propiedades metalógicas más discutidas en Filosofía se encuentran la completud (que todo lo que es derivable en un sistema pueda efectivamente derivarse) y la consistencia (que no se generen contradicciones en el sistema), entre otras. Para más información sobre la distinción entre Lógica y Metalógica se puede consultar Haack, 1982.

al de estas discusiones, pues como ya mencioné, podrían considerarse distintos sistemas lógicos en la parte de “inferencia” (y aquí es donde siguen siendo relevantes las discusiones sobre logicidad ya mencionadas) y será en el momento de aplicar el sistema a algún problema específico que los elementos vinculados a las heurísticas aparecerán.

Por otra parte, considero que las investigaciones de Simon, et.al., así como el desarrollo de los programas GLAUBER y BACON son una “prueba empírica” de que las propuestas computacionales pueden emular procesos de “descubrimiento científico” y al analizar el funcionamiento de estos programas encontramos que subyace a ellos esta relación entre “inferencia + control” que es entendida por Gillies como Lógica.

Más aún, como ya vimos en el capítulo 4, desde muy temprano en su investigación, Simon apostaba por la posibilidad de contar con un sistema normativo para el descubrimiento científico que, de alguna manera, incluía a la Lógica y a la heurística de manera similar a cómo nos aproximamos a ellas en este trabajo.

Simon nos decía ya en (1973) lo siguiente:

Normalmente llamamos “lógico” a un proceso cuando satisface las normas que hemos establecido para él y estas normas se derivan de nuestro interés de que el proceso sea eficaz o eficiente para lograr el objetivo para el que fue establecido. Así, una lógica del método científico es un conjunto de estándares normativos para juzgar los procesos usados para descubrir o probar teorías científicas, o la estructura formal de las mismas teorías. El uso del término “lógico” sugiere que las normas se pueden derivar de las metas de la actividad científica. Es decir, una teoría normativa descansa en proposiciones contingentes como las siguientes: “Si un proceso X va a ser eficaz para obtener una meta Y, entonces debe tener las propiedades A, B, C” (Simon, 1973, p. 473).

Es interesante notar que Simon introduce el término “lógico” para referirse a que un sistema cumpla con las normas que se han establecido para él (ésta podría

ser la parte inferencial de la propuesta de Gillies), e inmediatamente introduce la idea de que estas normas buscan que el proceso sea *eficaz* o *eficiente* para lograr el objetivo buscado, si bien Simon no le llama a este elemento “heurística”, su caracterización del mismo coincide con uno de los elementos que yo he reservado para esta noción, que un sistema sea eficaz o eficiente se puede relacionar tanto con las “guías para la toma de decisiones”, como con la posibilidad de economizar recursos. En consecuencia, la propuesta de Simon funciona también a la manera propuesta por Gillies.

Con lo dicho hasta aquí y volviendo al problema de la posibilidad de estudiar el descubrimiento en metodología científica, considero que puedo afirmar en este punto que sí es posible hacerlo. Si bien no podremos “encapsular” a todos los procesos de descubrimiento científico y tenemos el problema de que la noción de heurística puede abrir demasiados frentes, considero que tanto la propuesta de Gigerenzer como la de Simon ofrecen ejemplos de que sí es posible hacer un tratamiento normativo de las estrategias heurísticas en general y de que este tratamiento se puede plantear para las estrategias heurísticas asociadas al descubrimiento. Además, si consideramos a la “Lógica” de acuerdo con la propuesta de Gillies, podríamos llamar a los proyectos que se ocupen de estos asuntos “lógicas del descubrimiento” en general.

5.4. Valoración final de las principales propuestas analizadas en esta investigación

A continuación, ya con la caracterización de Lógica y heurística que he introducido, volveré a las propuestas que he analizado en esta tesis para realizar una última evaluación de las mismas.

5.4.1. Lógica y heurística en Filosofía de la Ciencia

En Filosofía de la Ciencia, la discusión central con la que introduce la noción de “heurística” fue la de la diferencia entre los contextos de descubrimiento y justificación. Si bien esta distinción ha sido muy criticada desde distintos frentes (cfr. Nickles, 1980), considero que el planteamiento general de esta distinción apuntaba a distinguir entre distintos procedimientos metodológicos y de razonamiento en ciencia, que pueden seguir siendo válidos en alguna medida.

Los procesos en los que no está garantizado que se obtendrá el resultado que se busca, los procesos donde hay incertidumbre y falibilidad, pueden ser considerados “heurísticos”, de acuerdo a la propuesta hecha aquí, pero así como existen este tipo de procesos, también hay procesos en los que sí está garantizada la certeza y encontramos ambos tipos de procesos en la metodología científica. Creo que el error, al momento de plantear la distinción entre contextos, fue subsumir el primer tipo de procesos dentro de la etiqueta de “descubrimiento” y el segundo tipo dentro de la etiqueta de “justificación” pues en realidad podríamos tener ambos tipos de procesos tanto en el descubrimiento como en la justificación. Por ejemplo, en la propuesta de Simon se observa que se diluye la distinción entre contextos, pues hay casos en los que el proceso de “justificación” se convierte a su vez en el proceso de “descubrimiento” (cfr. Simon, 1977).

Además, me parece que las propuestas que han llevado a cabo los psicólogos cognitivos que tienen a la “heurística” como noción central en sus teorías de razonamiento ayuda también a clarificar ciertos aspectos del debate de la distinción entre contextos. En particular, propuestas como la de Gigerenzer podrían favorecer la idea de que sí es posible estudiar de manera normativa los procesos heurísticos en general, tanto en el razonamiento como en la metodología científica y, de manera particular, se pueden estudiar también procesos heurísticos que estén vinculados al

descubrimiento científico, como podría ser, por ejemplo, la propuesta de Peirce sobre la abducción.

5.4.2. Lógica y “heurística” en Psicología Cognitiva

Considero que, a partir de lo dicho en este capítulo, es relevante señalar una vez más que si bien las propuestas de razonamiento heurístico surgieron como una oposición a las propuestas de racionalidad que defendían a la lógica clásica como uno de los criterios principales de racionalidad, la oposición entre Lógica y heurística ya no debe plantearse como se sugería en un inicio. Como he mostrado, es mejor proponer una relación colaborativa entre Lógica y heurística y como se apunta en los últimos trabajos tanto de Kahneman (2003a, 2003b) como de Gigerenzer (Gigerenzer y Gaissmaier, 2011), parece que más bien lo que sucede es que tenemos un conjunto de herramientas posibles con los cuales podríamos enfrentar un problema (entre estas herramientas podría haber sistemas lógicos, estrategias heurísticas y otras), y entre esas herramientas trataremos de elegir las que mejor se adapten a nuestras necesidades.

Considero también que la propuesta de Gigerenzer es la que más retoma elementos de las propuestas computacionales (al entender las heurísticas como algoritmos y definir las como reglas y enfatizar la necesidad y la importancia de economizar en los recursos de tiempo y espacio a la hora de hacer razonamientos) y es la que más ha avanzado en cuanto a la posibilidad de proponer un estudio normativo de las “heurísticas”. En ese sentido, me parece que esta propuesta es la que más se acercaría a la posibilidad de establecer a la “Heurística” como una disciplina que se ocuparía de estudiar los procesos vinculados con más claridad al descubrimiento científico. A continuación, profundizaré un poco más en el análisis de cada propuesta.

5.4.2.1. Kahneman y Tversky

Como vimos en el capítulo 2, la propuesta de Kahneman y Tversky se caracteriza por proponer que las “heurísticas” son procesos de razonamiento que realizamos de manera rápida e inmediata, sin evaluación de ningún tipo, y que por estos motivos, en última instancia, se vinculan a sesgos cognitivos y a errores que las personas suelen cometer. En esta propuesta es interesante estudiar a las heurísticas, precisamente, para tratar de evitar errores sistemáticos (cfr. Tversky y Kahneman, 1974 y Kahneman, 2003a y 2003b).

En conclusión, mi aproximación a la heurística es similar a la de Kahneman y Tversky, en el sentido de que considero, al igual que ellos, que las heurísticas pueden entenderse como procesos cognitivos, que se suelen realizar con pocos recursos de tiempo y espacio y que al ser falibles pueden generar errores, pero no considero que, por eso, su uso sea necesariamente negativo. De hecho, como suelen señalar Gigerenzer y los científicos computacionales, en ocasiones, recurrir a las heurísticas es la mejor estrategia posible, especialmente cuando hay que economizar recursos.

Por otro lado, mi propuesta se aleja de la de Kahneman y Tversky, porque no sostengo que la Lógica está separada de la heurística, como estos investigadores proponían, al menos en un inicio. De la propuesta de Kahneman y Tversky parecía seguirse, en última instancia, que la manera correcta de razonar era de acuerdo con las reglas de la lógica clásica y la probabilidad, pero como hemos visto, en la propuesta que hago, existe la posibilidad de incluir a otros sistemas lógicos, por una parte y a las heurísticas, por otra.

Desde esta perspectiva, la distinción entre los sistemas 1 y 2 propuesta por Kahneman se vuelve problemática: ¿cuáles son los criterios para decir que las heurísticas se encuentran en el sistema 1 y la lógica en el sistema 2? Me parece que podría sostenerse que en cualquiera de los dos sistemas podrían utilizarse diferentes

tipos de razonamiento, estrategias heurísticas, sistemas lógicos y otras herramientas, dependiendo del problema que se esté enfrentando y del contexto en el que se esté trabajando. No quiero decir con esto que la explicación general del funcionamiento de los sistemas 1 y 2 sea equivocada o no aplique en algunos casos, lo que quiero decir es que no creo que sea posible diferenciar de manera precisa qué sistemas de reglas o tipos de razonamiento están asociados a cada uno de estos sistemas. Por ejemplo, cuando una persona ya estudió muy bien un sistema lógico y se ha acostumbrado a pensar con él, puede generar reacciones “inmediatas” que entrarían dentro del sistema 1, pero con reglas lógicas que, de acuerdo a lo sostenido por Kanehman (2003 a) no aplicarían ahí. Del mismo modo, considero que es posible usar heurísticas en procesos del tipo 2. De hecho, me parece que, en buena medida, la manera en que los científicos computacionales desarrollan algoritmos heurísticos puede entenderse como una ilustración de este último punto: el desarrollo de este tipo de algoritmos requiere de procesos reflexivos del tipo 2, a pesar de que los resultados obtenidos tienen las características de ser heurísticos.

5.4.2.2. Gigerenzer y el grupo ABC

Como vimos en el capítulo 2, Gigerenzer y el grupo *ABC* también recurrieron a la noción de razonamiento heurístico como una alternativa a los problemas derivados de considerar a la lógica clásica y a la teoría de la probabilidad como los criterios de racionalidad relevantes. Gigerenzer y su grupo consideraron que uno de los problemas es que al realizar nuestros procesos de razonamiento no podemos conocer todas las alternativas relevantes, sus consecuencias y probabilidades (o aunque las conozcamos o podamos conocerlas, decidimos no usarlas) y además, nos movemos en un mundo contingente; en consecuencia tenemos que recurrir a estrategias de razonamiento distintas a las de la lógica clásica y la probabilidad para enfrentar los problemas y a estas estrategias y los procesos de razonamiento

asociados a ellas, son las que Gigerenzer y su grupo llaman “heurísticas” (cfr. Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, 453). Como hemos visto, en la noción de heurística de estos investigadores aparece claramente el elemento de la economía: como no siempre podemos procesar toda la información relevante o tenemos que resolver problemas de manera rápida, es útil recurrir a las heurísticas.

Gigerenzer y su grupo se caracterizan por ser defensores de las heurísticas y el proyecto que tienen es muy ambicioso: proponer modelos formales de heurísticas que puedan ser evaluados con criterios claros frente a otras propuestas de razonamiento, las cuales incluyen sistemas efectivos de razonamiento (es decir, Gigerenzer busca defender que las heurísticas pueden ser mejores, incluso para casos en los que podríamos encontrar una solución definitiva al problema enfrentado con métodos lógicos o estadísticos) (cfr. Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, p. 453).

Gigerenzer y su grupo han reflexionado con mucha profundidad en la noción de heurística y sus trabajos son de los más relevantes para esta discusión. En su artículo de 2011, Gigerenzer y Gaissmaier ofrecen esta caracterización de las “heurísticas” como una de las definitivas al respecto: “Una heurística es una estrategia que ignora parte de la información con la meta de tomar decisiones más rápidamente, de manera frugal, y/o con más exactitud que con métodos más complejos” (Gigerenzer y Gaissmaier, 2011, p. 454).

Esta noción de heurística es muy similar a la que yo propongo. En ambos casos, entendemos a las heurísticas como procesos de razonamiento o estrategias que se utilizan cuando se necesita economizar recursos y que pueden ser falibles.

Sin embargo, como señala Chow (2015, p. 6), dos posibles críticas a la definición de heurística de Gigerenzer y su grupo, son:

1) La definición falla al sostener que las estrategias pueden “ignorar información” pues no es claro a qué se refieren con información y además hay estrategias heurísticas que añaden información en vez de ignorarla. En términos generales, considero que Chow tiene razón en esta crítica, pues como él señala, también pienso que no es esencial a las heurísticas ignorar información, sino que, incluso, pueden añadirla (y por eso no aparece en mi propuesta la idea de “ignorar información” de Gigerenzer).

2) Cuando Gigerenzer y su grupo hablan de que se puede comparar a las heurísticas con otros métodos, en particular, con “métodos más complejos”, no queda claro cuáles son esos métodos más complejos y por tanto no hay criterios claros para decidir si una heurística es mejor que otro método, por lo que, en última instancia, la elección de una heurística sobre otra estrategia puede ser arbitraria. Es cierto que cuando Gigerenzer habla de métodos más complejos se puede estar refiriendo a regresión múltiple, por ejemplo, u otros modelos formales de decisión; en cada caso específico, sí podrían proponerse algunos métodos alternativos de solución y analizar la eficiencia de las heurísticas a partir de ahí; desde esta perspectiva es cuestionable la crítica de Chong. Sin embargo, creo que Chong puede estar haciendo referencias a que poner a “competir” a las diferentes maneras de solucionar un problema, de acuerdo con la propuesta de Gigerenzer, es problemático, porque es difícil proponer criterios con los que se puedan comparar las heurísticas con otros métodos, de una manera que pueda aplicar para cualquier problema.

Por otro lado, me parece que en este punto hay un elemento crucial para entender adecuadamente lo que son las heurísticas. Dado que las heurísticas se utilizan en diferentes contextos para resolver distintos problemas, la determinación de qué estrategia es mejor para enfrentar un problema (una estrategia heurística *vs.*

algún otro método o una comparación entre distintas estrategias heurísticas) dependerá en buena medida de los elementos mencionados (el contexto y el problema que busca resolverse); en consecuencia, no hay una manera definitiva de comparar estrategias heurísticas contra otros métodos. Sin embargo, me parece que lo importante para la propuesta de Gigerenzer y su grupo es que sí puede haber criterios para hacer la comparación, aunque estos criterios siempre se darán dentro de un contexto dado.

Por otro lado, mi propuesta lleva a considerar las relaciones entre Lógica y heurística de manera más compleja que la que planteaban Gigerenzer y su grupo (al menos en un principio), sin embargo, la noción de Lógica y su relación con las heurísticas que propongo no es incompatible, en general, con la propuesta de Gigerenzer.

5.4.3. Lógica y heurística en Ciencias Computacionales

Aunque algunas de las dificultades iniciales en la comprensión de la noción de heurística provinieron de esta área, considero que el análisis de los trabajos de esta disciplina (que en la práctica ha sido muy exitosa) es el que ofrece algunas de las mejores caracterizaciones de las heurísticas, que además son útiles para enfrentar los problemas planteados desde la Filosofía de la Ciencia con respecto a la posibilidad de estudiar la “metodología” o la “lógica” del descubrimiento científico. En primer lugar, un resultado muy importante del análisis del capítulo 3 era mostrar cómo se entiende a los algoritmos y las heurísticas y analizar cuál era la relación entre ellos, para lo cual fue muy útil el trabajo de Romanycia y Pelletier y posteriormente, la consideración y comprensión de la Lógica y su relación con las heurísticas. Como he señalado ya, propongo que es mejor sostener una relación complementaria y colaborativa entre Lógica y heurística, y la definición de

heurística que propongo tiene esto en cuenta, lo cual es un resultado derivado en buena medida del análisis de las propuestas computacionales.

5.4.3.1. La noción de “heurística” de Romanycia y Pelletier

Como vimos en el capítulo 3, Romanycia y Pelletier (1985) ofrecen una noción de heurística que no está asociada a un proyecto específico de investigación, para poder tener un parámetro de referencia que permita distinguir a las técnicas heurísticas de otro tipo de técnicas.

Recordemos que Romanycia y Pelletier proponen que las heurísticas tienen cuatro caracterizaciones posibles: son procesos que se realizan cuando hay incertidumbre, procesos que se realizan cuando hay conocimiento incompleto, procesos que son mejoradores del rendimiento y guías de la decisión (Cfr. Romanycia y Pelletier, 1985). Considero que estos cuatro elementos están presentes en mayor o menor medida en todas las propuestas estudiadas en esta investigación y un poco más adelante profundizaré sobre ello.

Por ahora quiero destacar que uno de los aspectos más relevantes de la propuesta de Romanycia y Pelletier es que lograron ver que las distintas “caracterizaciones” de la heurística no eran excluyentes entre sí, aunque tampoco tenían que aparecer en todos los casos y que el problema era que en la mayoría de las nociones de heurística que se habían ofrecido hasta el momento se privilegiaba alguna de ellas en detrimento de las otras. En particular, sostener que un algoritmo no puede ser heurístico o viceversa, podría ser un ejemplo de que se le da más peso a uno de los dos aspectos que al otro, lo cual en general, puede ser incorrecto.

Recordemos ahora la caracterización final de heurística que proponen Romanycia y Pelletier:

Una heurística en IA es cualquier dispositivo, ya sea un programa, regla, pieza de conocimiento, etc., del cual no estamos seguros que será útil en proveer una solución práctica; pero uno tiene razones para creer que será útil, y se añade a

un sistema de resolución de problemas con la expectativa de que, en promedio, el rendimiento del sistema mejorará (Romanycia y Pelletier, 1985, p. 57).

Como se puede apreciar, en esta noción de heurística también aparecen los elementos de falibilidad e incertidumbre, y aparece el papel de la economía de las heurísticas, pero me parece que no es una caracterización que logre mostrar con claridad las cuatro características de las heurísticas que ellos mismos discutieron. Por otro lado, aunque esta propuesta surgió en el ámbito computacional y por lo tanto no se planteó considerando todas las problemáticas abordadas en esta tesis, considero que en tanto caracterización se acerca mucho a la de la propuesta que defiende y es similar también a la de Gigerenzer. Sin embargo, considero que la noción de heurística que yo propongo es mejor para dialogar no solo con la Ciencia Computacional, sino también con la Filosofía y la Psicología cognitiva; sin embargo, por ahora retomaré las cuatro caracterizaciones mencionadas, para mostrar cómo aparecen en las distintas propuestas de las disciplinas recién mencionadas.

5.4.3.1.1. Algoritmos vs. heurísticas en Filosofía de la Ciencia y Psicología Cognitiva

Cuando se propone una oposición entre “algoritmos” y “heurísticas” desde el ámbito computacional, se puede decir que hay detrás un planteamiento muy similar al de las propuestas dicotómicas que se han dado tanto en Filosofía como en Psicología y las razones por las que se han planteado son similares en las tres disciplinas.

Como vimos en el capítulo 1, la distinción entre análisis y síntesis en la geometría griega se refiere, principalmente, a dar una demostración ya hecha (síntesis) o a “ir hacia atrás” buscando la manera de probar un teorema (análisis). Dadas las condiciones de cada uno de estos métodos, la síntesis podría equipararse a la presentación de un algoritmo, mientras que, por el contrario, el análisis presenta

los elementos de falibilidad e incertidumbre correspondientes a la heurística (recordemos que la incertidumbre y la falibilidad venían dadas también por la incorporación de las figuras auxiliares, la posibilidad de recurrir a muchas de ellas, diferentes entre sí, la posibilidad de que hubiera pruebas distintas para un mismo teorema y la posibilidad de no encontrar la prueba que se busca) (cfr. Cap. 1).

Del mismo modo, la distinción entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación se da con base en razones similares a las de la distinción entre heurísticas y algoritmos. Entre las razones que se dieron para afirmar que el contexto de descubrimiento no podía estudiarse de manera normativa en Filosofía están, precisamente, la falibilidad y la incertidumbre de los procesos de descubrimiento, y la idea de que sería imposible generar algoritmos para estos procesos, por su parte, la problemática general de si se puede hablar de una “lógica del descubrimiento” o solo de una “metodología del descubrimiento” se basa también, en buena medida, en estas características de las heurísticas (cfr. Cap. 1.)

Sin embargo, el desarrollo de las heurísticas en el área computacional muestra que es posible generar algoritmos que consideren la incertidumbre y la falibilidad, y de alguna manera los resultados de Simon y su equipo son una prueba de que es posible tratar de manera normativa, al menos, algunos procesos de descubrimiento. Por ello las razones por las que se sostenía la distinción entre contextos no son suficientes para plantear esa separación. Esto no significa que no pueda sostenerse la distinción entre contextos, lo que estoy cuestionando es que se dé por las razones expresadas por filósofos como Kuhn, o como se suele entender a la propuesta de Popper (cfr. Capítulo 1 para recordar estas propuestas).

Por otro lado, esto también puede tener como corolario que procesos asociados típicamente a la “síntesis” puedan usarse para realizar procesos de descubrimiento.

En el caso de la Psicología Cognitiva, Kahneman también hace una propuesta dicotómica, en la que el sistema 1 (“intuitivo”) se opone al sistema 2 (“razonamiento”). Sin embargo, como ya mencioné en las conclusiones del capítulo 2, esta distinción puede cuestionarse si consideramos que podría haber procesos tanto lógicos como heurísticos en cada uno de los dos sistemas. Por otro lado, hace falta considerar qué pasa con la explicación de los sesgos o errores cognitivos que Kahneman atribuye a los procesos del sistema 1. Me parece que es cierto que algunos de estos sesgos se dan por las características de incertidumbre y falibilidad asociadas a las heurísticas, pero podría ser que no todos los errores se explicaran de este modo o, si puede plantearse que haya heurísticas en el sistema 2, entonces también podríamos decir que algunos sesgos podrían estar relacionados con problemas del sistema 2.

Por su parte, en el caso de Gigerenzer y el grupo ABC es interesante notar que ellos no consideran que exista esta separación radical entre algoritmos y heurísticas y, de hecho, su propuesta pretende ofrecer una caracterización normativa y algorítmica de las heurísticas (cfr. Cap. 2).

5.4.3.1.2. Heurísticas desarrolladas por un conocimiento incompleto en Filosofía de la Ciencia y Psicología Cognitiva

Esta segunda característica de las heurísticas aparece también, tanto en la distinción de los métodos de análisis y síntesis, como en la distinción de los contextos de descubrimiento y de justificación. Efectivamente, en los procesos de descubrimiento y en la búsqueda de premisas o de figuras auxiliares para resolver

un problema puede haber desconocimiento de información que podría ser relevante (cfr. Cap. 1.)

Por su parte, en la propuesta de Kahneman y Tversky esta dimensión también puede aparecer. Para ellos, la manera de funcionar del sistema 1 (de manera rápida y automática, entre otras características), puede provocar que se lleven a cabo procesos con falta de información, que el sistema 2 no realizaría o no aceptaría, por ejemplo (cfr. Cap. 2). Sin embargo, por lo que hemos visto sobre la manera de desarrollar heurísticas en IA, desde la perspectiva computacional sí podría ser posible tener procesos con información incompleta en el sistema 2. Por ejemplo, los problemas se pueden dividir en subproblemas y generar algoritmos que reúnan la información necesaria para otro algoritmo.

En el caso de la propuesta de Gigerenzer y el grupo *ABC*, esta dimensión se encuentra desde el origen mismo de su propuesta: la distinción entre “mundos pequeños” y “mundos grandes” implica, entre otras cosas, que en los “mundos grandes” hay desconocimiento de información o la información relevante tiene que ser estimada a partir de muestras pequeñas (cfr. Cap. 2).

5.4.3.1.3. Las heurísticas como mejoradores de procesos en Filosofía de la Ciencia y Psicología Cognitiva

Las dos propuestas en las que está característica aparece con mucha claridad es en la de Peirce, por un lado y en la de Gigerenzer, por otro.

Recordemos que en la propuesta de Peirce aparece el llamado “principio de economía”. Aunque hay múltiples lecturas de este principio en las discusiones filosóficas, la lectura que yo sigo es la de que este criterio busca seleccionar la mejor

explicación dentro de las que son sujetas a corroboración empírica gastando la menor cantidad de recursos posibles (cfr. Cap. 1.)

Por su parte, Gigerenzer y el grupo ABC también señalan con mucha claridad que uno de los objetivos de su propuesta es encontrar estrategias que sean las más eficientes posibles para enfrentar los diversos problemas (cfr. Cap. 2).

Cabe hacer una mención especial de la propuesta de Kahneman y Tversky en este punto, pues si bien ellos tenían una visión negativa de las heurísticas, es interesante notar que su planteamiento de las mismas implica considerar, en cierto sentido, la dimensión que estamos discutiendo. Lo que ellos ven como “negativo”, puede ser visto como “positivo” desde otra perspectiva. Podría considerarse que la manera de operar del sistema 1 (intuitivo), que realiza sus procesos de manera rápida, automática o sustituyendo unos problemas por otros más sencillos, no necesariamente debería ser considerada como algo negativo, sino que podría ser, precisamente, una manera de operar que resulta más eficiente para enfrentar problemas en contextos donde no hay tiempo para reflexionar, por ejemplo (cfr. Cap. 2).

5.4.3.1.4. Las heurísticas como guías para tomar decisiones en Filosofía de la Ciencia y Psicología Cognitiva

Considero que este elemento no se encuentra explícitamente en las propuestas de los geómetras griegos o de Lakatos, sin embargo, implícitamente sí lo está. Dado que se cuenta con una amplia diversidad de maneras para enfrentar un problema, algunas de las estrategias con las que contamos serán, precisamente, guías que nos indiquen qué estrategia conviene probar, o nos indicarán cuándo conviene intentar un camino diferente.

Del mismo modo, Gigerenzer también incluye esta consideración de las heurísticas en su propuesta, mientras que Kahneman y Tversky no lo hacen, pero creo que, en este caso, es porque sí se impone la visión negativa de su propuesta sobre las heurísticas.

5.4.4. Lógica y heurística en el diálogo interdisciplinario

Finalmente, ofrezco unas últimas reflexiones sobre las relaciones de la Lógica y la heurística, propuestas en esta tesis de cara a la interdisciplina.

De acuerdo a lo defendido en esta investigación, distinguir entre tipos de razonamiento, algunos de los cuales serán heurísticos y otros no, ofrece una oportunidad de colaboración entre la Psicología Cognitiva y la Filosofía de la Ciencia, la cual podría estar mediada también por las Ciencias Computacionales en general (o la Inteligencia Artificial, entre otras posibles disciplinas, en particular), ofreciendo programas o desarrollos que exploren las propuestas emanadas de las tres disciplinas.

Con esto podría explorarse el alcance de propuestas normativas como las de Gigerenzer o Simon y podrían proponerse nuevas maneras de acercarse tanto a la Lógica como a la Heurística (y a la metodología científica en general), en Filosofía de la Ciencia.

Así, con el trabajo conjunto de estas tres disciplinas, podríamos realizar mejores aproximaciones a la metodología científica. Esto nos permitiría, entre otras cosas:

- a) generar herramientas más precisas que podrían ayudar en la investigación de cada una de las disciplinas abordadas en esta investigación,
- b) ofrecer críticas interesantes a las diversas metodologías científicas,

- c) distinguir, cuando se desee hacerlo, entre procesos de descubrimiento y procesos de justificación, y proponer herramientas específicas para cada caso,
- d) evaluar e incluir de mejor manera propuestas como las de los geómetras griegos o la de Polya en la metodología científica,
- e) generar herramientas que contribuyan a la investigación interdisciplinaria.

Con todo esto, podríamos comprender mejor qué enseñamos cuando enseñamos metodología científica (ya sea Lógica, Heurística o cualquier otra), y podríamos tener mayor claridad sobre cuáles son sus alcances y sus limitaciones.

CONCLUSIONES GENERALES

Para finalizar esta investigación, ofreceré una respuesta a las preguntas planteadas en la introducción. Con ello, clarificaré cuál es la contribución que la investigación desarrollada en esta tesis puede aportar a las problemáticas generales planteadas al inicio.

a) ¿En qué medida la Lógica y las teorías sobre razonamiento heurístico pueden contribuir a la discusión sobre el quehacer científico en general y sobre el problema de la distinción de contextos de descubrimiento y justificación en particular?

La propuesta de entender a la Lógica como “inferencia + control” abre la posibilidad de estudiar los procesos de la metodología científica tanto desde la perspectiva computacional como desde las propuestas de la Psicología Cognitiva; de hecho, los proyectos de investigación que han realizado Gigerenzer por un lado, y Simon, por el otro, (con sus respectivos equipos), son una muestra de que puede haber aportaciones sistemáticas, claras y precisas a los problemas sobre la posibilidad de contar con “lógicas” o “metodologías” del descubrimiento científico. Si bien la distinción entre contexto de descubrimiento y de justificación puede ser cuestionada desde algunas perspectivas,⁶¹ en esta investigación he mostrado que esta distinción puede seguir siendo relevante, al menos, para dos cuestiones: 1) la posibilidad de distinguir entre distintos tipos de procesos o razonamientos en la metodología científica y 2) la posibilidad de tener en cuenta a los procesos “heurísticos” entendidos así por poseer las características de ser falibles, introducir incertidumbre, trabajar con falta de conocimientos o buscar eficiencia y economía de recursos. Cuando se quieran considerar estos elementos en discusiones sobre

⁶¹Recordemos, por ejemplo, que el mismo Simon consideraba que no era pertinente hacer esta distinción, dados los resultados de sus programas computacionales, cfr. Cap. 4.

metodología científica, las propuestas de las tres disciplinas estudiadas en esta investigación podrán ofrecer marcos teóricos y líneas de investigación interesantes a desarrollar.

Por otro lado, con respecto a la distinción entre “lógicas” y “metodologías” del descubrimiento, considero que dependerá de la manera en que se entienda a la Lógica, lo que determinará si uno prefiere hablar de “lógicas” o de “metodologías”. Sin embargo, lo más relevante de la propuesta que sostengo en esta investigación es que sí es posible hacer un tratamiento tanto descriptivo como normativo de algunos procesos de descubrimiento científico. Esto no significa que se podrán explicar metodológica o lógicamente todos los procesos de descubrimiento o que podremos saber de qué manera razonaron los científicos cuando hicieron algún descubrimiento en específico; lo que significa es que podemos dar algunas reglas o guías que podrían ayudar en procesos de descubrimiento (esto podrían ofrecerlo Gigerenzer, por un lado, y Simon, por el otro) y podemos dar también algunas descripciones de patrones de razonamiento por los que podría haberse dado algún descubrimiento científico, estos últimos podrían ser útiles también como posibles modelos para intentar hacer nuevos descubrimientos (esto también podría ofrecerlo Simon y en general quienes buscan desarrollar heurísticas vinculadas con el descubrimiento desde el área de IA, por ejemplo Addis, et. al., 2016).

b) ¿En qué medida la Lógica considerada como disciplina general y las teorías sobre razonamiento heurístico pueden entenderse como propuestas, ya sea normativas o ya sea descriptivas, para hablar de “buen razonamiento” o de racionalidad?

Considero que las propuestas estudiadas en esta investigación nos muestran que si buscamos avances en términos de una “racionalidad limitada” o de

enfrentarnos a “problemas pequeños”, como proponía Simon, es posible obtener resultados satisfactorios y creo que tanto la propuesta de Simon como la de Gigerenzer son ejemplos de propuestas normativas referentes a una “metodología del descubrimiento científico” en el primer caso, y una propuesta de “razonamiento heurístico” en el segundo caso.

Por otro lado, estas propuestas son limitadas, y no debemos pensar que nos ofrecen una teoría general de la racionalidad, por ejemplo. El hecho de que los programas de Simon puedan emular procesos de descubrimiento no significa que los descubrimientos hechos por los científicos en su momento se hayan realizado tal y como lo hicieron los programas. No se está sosteniendo tampoco que las personas “razonen” como las computadoras o viceversa. Sin embargo, es interesante notar que la aproximación computacional a los problemas de metodología científica en general puede ofrecernos nuevos o distintos caminos para enfrentar problemas de descubrimiento científico⁶² y por lo tanto, el trabajo conjunto de las tres disciplinas involucradas en esta investigación puede contribuir al desarrollo de una metodología que, como se ha insistido mucho, no puede garantizarnos que obtendremos resultados, pero sí puede guiarnos o sugerirnos estrategias para avanzar en la investigación científica.

En conclusión, lo que quiero decir es que si sostenemos una propuesta de “racionalidad limitada”, tanto la Lógica como la Heurística (entendidas como disciplinas que pueden ser abordadas por filósofos, psicólogos y científicos o ingenieros computacionales) podrían ofrecer propuestas descriptivas y normativas que pueden ser interesantes y útiles tanto para la Psicología como para la

⁶² Véase por ejemplo, Dzeroski, Langley y Todorovski, 2007; Colton, 2007; y Addis, et. al., 2016.

metodología científica. Sin embargo, no hay que perder de vista que lo que ofrecerán son modelos limitados, que no se ajustarán necesariamente a la manera en que las personas de hecho piensan o a la manera en que efectivamente se hacen los descubrimientos científicos.

c) ¿Cuáles son las semejanzas y diferencias entre las distintas propuestas que tienen a las heurísticas como noción central? ¿Cómo se relacionan las diferentes nociones de heurística con las propuestas filosóficas sobre metodología científica?

Las respuestas finales a estas preguntas se encuentran con profundidad en el quinto capítulo de esta investigación y en buena medida a lo largo de toda la tesis. Solo me gustaría resaltar en este punto que, como hemos visto, la noción de “heurística” ha sido muy difícil de caracterizar y en las diferentes disciplinas se le entiende, en algunos aspectos importantes, de diferentes maneras. Sin embargo, como he mostrado a lo largo de esta investigación, aclarar cómo se entiende a esta noción en cada disciplina es útil para comprender mejor las aproximaciones de las otras disciplinas hacia ella, y hacia las problemáticas generales con las que se vincula. Recordaré aquí solamente un caso: hemos visto que las Ciencias Computacionales, al no distinguir entre algoritmos y heurísticas de manera radical, pueden mostrarle a la Filosofía de la Ciencia que no es necesario proponer una distinción radical entre ellos (como la Filosofía de la Ciencia hizo en muchas de sus propuestas). Sin embargo, la Filosofía también puede mostrarle a las Ciencias Computacionales los alcances, los límites y los problemas a los que se pueden enfrentar al generar programas que usen algoritmos de búsqueda heurística, por ejemplo, cuando se usan este tipo de algoritmos para hacer más eficientes los procesos de operación de las empresas y se pueden generar sesgos computacionales

vinculados a estos procesos. Una posible extensión del presente trabajo de investigación puede ir en esta dirección.

d) ¿Cuáles son las relaciones, semejanzas y diferencias entre las propuestas que toman a la Lógica como criterio de racionalidad y las que consideran que las heurísticas también pueden ofrecer criterios de este tipo?

Con respecto a esta última pregunta, en esta investigación he mostrado algunos de los problemas que tienen las propuestas que consideraban solo a la lógica clásica como modelo de racionalidad (por ejemplo, la de Kahneman y Tversky). Sobre esto, considero que hay dos caminos posibles: proponer alternativas de procesos de razonamiento (como hacen los psicólogos cognitivos) o proponer una ampliación de la noción de Lógica. Me parece que ambos caminos son viables, aunque claramente, ambos enfrentan problemas, que también he mencionado (cfr. Cap. 2 y Cap. 5). En esta investigación abogo por ampliar la noción de Lógica, a la manera propuesta por Gillies y Kowalski, de modo que los procesos entendidos como “heurísticos” queden de alguna manera subsumidos por ella. Sé que es solo una aproximación posible, sin embargo, defiendo esta postura porque considero que va más acorde con lo que en la práctica se hace al momento de tratar de enseñar metodología científica, y porque abre perspectivas de investigación interdisciplinarias interesantes. Sin embargo, soy consciente de que puede haber otras maneras de considerar a la Lógica o a la “heurística” que estarán en contra de esta aproximación.

Finalmente, el análisis conceptual de las nociones de “heurística” y “Lógica” que he realizado, así como la propuesta de relación que ofrecí entre ellas, a la luz del desarrollo de las tres disciplinas presentes en esta investigación, ofrece todavía

múltiples problemáticas y posibilidades de discusión que son imposibles de abarcar en este trabajo. Por ejemplo, desde el ámbito de la IA hay varios proyectos que se han desarrollado con objetivos similares al de Simon y su equipo, presentado en el capítulo 4, que buscan ofrecer herramientas computacionales para hacer descubrimientos científicos (cfr. Addis, et. al. 2016). Desde la perspectiva ofrecida en este trabajo sería interesante analizar qué es lo que realmente hacen o pueden hacer estas herramientas y evaluar cuál puede ser su utilidad para la metodología científica o para entender mejor la manera en que hacemos descubrimientos los seres humanos.

Por otra parte, con los desarrollos recientes del ámbito de la ciencia de datos, en los que se trabaja con una cantidad de datos imposible de asimilar por los seres humanos, será importante evaluar también qué tipo de análisis se pueden hacer desde esta aproximación y si será posible desarrollar y qué podrán ofrecer las herramientas computacionales que manejen una gran cantidad de datos con respecto a la posibilidad de hacer nuevos descubrimientos científicos.

Una última problemática más, asociada con las “heurísticas” es la de la creatividad. En esta investigación me concentré en el tema del descubrimiento científico, pero tanto el descubrimiento como las “heurísticas” están relacionadas a su vez con lo que se entiende por creatividad. Dada la profundidad que ameritaría tratar este tema, lo dejo propuesto como otro posible tema de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Addis, M., Sozou, P. D., Lane, P. y Gobet, F. (2016). Computational Scientific Discovery and Cognitive Science Theories. En V. Müller (Ed.), *Computing and Philosophy: Selected Papers from IACAP 2014*. (pp. 83-97). Synthese Library. Berlín: Springer.
- Alai, M. (2004). Scientific Discovery and Realism. *Minds and Machines*, 14, pp. 21-42.
- Albus, J. S. (1981). *Brains, Behavior, and Robotics*. Peterborough, NH: Byte Publications Inc.
- Aliseda, A. (1998). La abducción como cambio epistémico: C. S. Peirce y las teorías epistémicas en la inteligencia artificial. *C. S. Peirce y la abducción, Analogía Filosófica* 12(1), pp. 125-144.
- (2007). Emerge una nueva disciplina, las ciencias cognitivas. *Ciencias*, 88, pp. 22-31.
- (2014). Descubrimiento. En A, Aliseda. *La Lógica como Herramienta de la Razón. Razonamiento Ampliativo en la Creatividad, la Cognición y la Inferencia*. (pp. 13-26). Cuadernos de lógica, epistemología y lenguaje, vol. 6. Reino Unido: Milton Keynes, College Publications.
- Anderson, D. (1986). The Evolution of Peirce's Concept of Abduction. *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, 22(2), pp. 145-164.
- Aristóteles. (1982). *Tratados de Lógica. Organon*. Vol. 1. Madrid: Gredos.
- (1988). *Tratados de Lógica. Organon*. Vol. 2. Madrid: Gredos.

- Beaney, M. (2014). Analysis. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2014 Edition), E. N. Zalta (ed.), URL = <<http://plato.stanford.edu/archives/sum2014/entries/analysis/>>.
- Bellman, R. E. (1978). *An Introduction to Artificial Intelligence: Can Computers Think?* San Francisco: Boyd y Fraser Publishing Company.
- Benítez, L. (2014). Sobre la polémica Descartes-Harvey al interior de la lucha entre mecanicismo y vitalismo. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 14 (28), enero-junio, pp. 25-35.
- Bochenski, I. M. (1967). *Historia de la lógica formal*. Madrid: Gredos.
- Brown, W. M. (1983). The Economy of Peirce's Abduction. *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, 19 (4), pp. 397-411.
- Carmichael, R. D. (1922). The Logic of Discovery. *The Monist*, 32, pp. 569–608.
- (1930). *The Logic of Discovery*. Chicago: Open Court.
- Charniak, E. y McDermott, D. (1985). *Introduction to Artificial Intelligence*. Massachusetts: Addison-Wesley, Reading.
- Cleland, C. E. (2001). Recipes, Algorithms, and Programs. *Minds and Machines* 11 (2), pp. 219–237.
- (2002). On Effective Procedures. *Minds and Machines* 12 (2), pp. 159–179. DOI:10.1023/A:1015606528623.
- Colton, S. (2007). Computational Discovery in Pure Mathematics. En S. Dzeroski y L. Todorovski (Eds.), *Computational Discovery, LNAI 4660*. (pp. 175-201). Berlín-Heidelberg: Springer-Verlag.

- Czerlinski, J., Gigerenzer, G. y Goldstein, D.G. (1999). How Good are Simple Heuristics? En G. Gigerenzer, P. Todd y el grupo ABC. (Comps.), *Simple Heuristics That Make Us Smart*. Nueva York: Oxford University Press.
- Chow, S. J. (2015). Many Meanings of 'Heuristic'. *The British Journal of Philosophy of Science*, 66, 4, pp. 977-1016. <https://doi.org/10.1093/bjps/axu028>
- De Francisco Villa, M. (1993). El cuasi-empirismo de Imre Lakatos o cómo intentar construir una concepción empírica de la Matemática. *Contextos* 11(21-22), pp. 39-57.
- Desvousges, W. H., Johnson, F. R., Dunford, R. W., Hudson, S. P., Wilson, K. N. y Boyle, K. J. (1993). Measuring Natural Resource Damages with Contingent Valuation: Tests of Validity and Reliability. En J. A. Hausman (Ed.), *Contingent valuation: A critical assessment*. (pp. 91-164). Amsterdam: North Holland.
- Duarte, Calvo. A. J. (2016). *La abducción: una aproximación dialógica*. Tesis Doctoral. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.
- Dzeroski, S., Langley, P., y Todorovski, L. (2007). Computational Discovery of Scientific Knowledge. En S. Dzeroski y L. Todorovski (Eds.), *Computational Discovery, LNAI 4660*. (pp. 1-14). Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Dzeroski, S. y Todorovski, L. (Eds.) (2007). *Computational Discovery, LNAI 4660*. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Escobar Gónima, C. (2006). William Harvey: la circulación sanguínea y algunos de sus obstáculos epistemológicos. *Iatreia*, 19(2), junio, pp. 199-205.
- Euclides. (1996). *Elementos*. Libros X-XIII. M. L. Puertas Castaños (Trad.) Madrid: Gredos.

- Fann, K. T. (1970). *Peirce's Theory of Abduction*. The Hague: Ed. Martinus Nijhoff.
- Feigenbauem, A. y Feldman. J. (Eds.) (1963). *Computers and Thought*. Nueva York: McGraw-Hill Inc.
- Fonseca, A. L. (2014). *De la racionalidad ecológica al razonamiento situado. Las heurísticas como cognición distribuida*. Tesis de doctorado. México: UNAM, FFyL/ IIFs.
- Fuentes Penna, A. (2014). Problema del Agente Viajero. *XIKUA, Boletín Científico de la Escuela Superior de Tlahuelipan*, 2(3). Consultado el 3 de agosto de 2019 en <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/tlahuelipan/n3/e5.html>
- Gamut, L. T. F. (1991). *Lógica, lenguaje y significado. Volumen 1. Introducción a la Lógica*. University of Chicago Press.
- Gabbay, M. D. (1994). What is a Logical System? En D. M. Gabbay (Ed.), *What is a Logical System*. (pp. 179-216). Oxford: Oxford University Press.
- García Retamero, R. y Dieckmann, A. (2006). Una visión crítica del enfoque de los heurísticos rápidos y frugales. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 38 (3), pp. 509-522.
- Génova, G. (1997). Charles S. Peirce: La lógica del descubrimiento. *Cuadernos de Anuario Filosófico* 45. Pamplona: Universidad de Navarra.
- Gigerenzer, G. (2008). *Rationality for Mortals. How People Cop with Uncertainty*. Nueva York: Oxford University Press.
- Gigerenzer, G. y Gaissmaier, W. (2011). Heuristic Decision Making. *Annual Review of Psychology*. 62, pp. 451-82. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120709-145346>

- Gigerenzer, G., Todd, P. y el grupo ABC. (1999). *Simple Heuristics that Make Us Smart*. Nueva York: Oxford University.
- Gillies, D. (1996). *Artificial Intelligence and Scientific Method*. Oxford: Oxford University Press.
- González Urbaneja, P. M. (2008). El teorema llamado de Pitágoras. Una historia geométrica de 4000 años. *Sigma*, 32, pp. 103-130.
- Groarke, L. (2019). Informal Logic. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2019 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/sum2019/entries/logic-informal/>.
- Groner, M., Groner, R. y Bischof, W. F. (1983). Approaches to Heuristics: A Historical Review. En R. Groner, M. Groner y W. F. Bischof (Eds.), *Methods of Heuristics*. (pp. 1-18). Nueva York: Routledge.
- Gutting, G. (1980). Science as Discovery. *Revue Internationale de Philosophie*, 131, pp. 26-48.
- Haack, S. (1982). *Filosofía de las lógicas*. Madrid: Cátedra.
- Hacking, I. (1979). Imre Lakatos's Philosophy of Science (review). *The British Society for the Philosophy of Science*. 30(4), pp. 381-402.
- Hanson, N.R. (1958). *Patterns of Discovery*. Cambridge: Cambridge University Press.
- (1960). Is there a Logic of Scientific Discovery? *Australasian Journal of Philosophy*, 38, pp. 91–106.
- (1965). Notes toward a Logic of Discovery. En R. J. Bernstein (Ed.), *Perspectives on Peirce. Critical Essays on Charles Sanders Peirce*. (pp. 42-65). New Haven and London: Yale University Press.

- Haugeland, J. (Ed.) (1985). *Artificial Intelligence: The Very Idea*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Hernández Ortiz, H. y Parra Dorantes, R. (2015). Algunos problemas en la formalización del lenguaje ordinario. En C. Mayorga y T. Mijangos (Coords.), *Lógica, argumentación y pensamiento crítico: su investigación y didáctica*. (pp. 165-173). México: Academia Mexicana de Lógica / Universidad de Guadalajara.
- Hertwig, R. y Gigerenzer, G. (1999). The 'Conjunction Fallacy' Revisited: How Intelligent Inferences Look Like Reasoning Errors. *Journal of Behavioral Decision Making* 12, pp. 275–305. doi: 10.1002/(sici)1099-0771(199912)12:4<275::aid-bdm323>3.3.co;2-d.
- Hintikka, J. y Remes, U. (1974). *The Method of Analysis*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
- Hoyningen-Huene, P. (1987). Context of Discovery and Context of Justification. *Studies in History and Philosophy of Science*, 18, pp. 501-515.
- (2006). Context of Discovery versus Context of Justification and Thomas Kuhn. En J. Schickore y F. Steinle (Eds.), *Revisiting Discovery and Justification. Historical and Philosophical Perspectives on the Context Distinction*. (pp. 119-131). Netherlands: Springer.
- Hume, D. (2015) [1748]. *Investigación sobre el conocimiento humano*. Madrid: Alianza.
- Irvine, A. D. (1996). Philosophy of Logic. En G. Shanker (Ed.), *Routledge History of Philosophy. Vol. IX. Philosophy of Science, Logic and Mathematics in the 20th Century*. Londres y Nueva York: Routledge.

- Johnson-Laird, P. (2011). *How We Reason*. Nueva York: Oxford University Press.
- Kahneman, D. (2003a). A Perspective on Judgment and Choice. Mapping Bounded Rationality. *American Psychologist*, 58(9), pp. 697-720. DOI: 10.1037/0003-066X.58.9.697
- (2003b). Mapas de racionalidad limitada: Psicología para una economía conductual. *Revista Asturiana de Economía, RAE*, 28, pp. 181-225.
- Kahneman, D. y Frederick, S. (2002). Representativeness Revisited: Attribute Substitution in Intuitive Judgment. En T. Gilovich, D. Griffin, y D. Kahneman (Eds.), *Heuristics and Biases*. (pp. 49-81). Nueva York: Cambridge University Press.
- Kapitan, T. (1992). Peirce and the Autonomy of Abductive Reasoning. *Erkenntnis*, 37, pp. 1-26.
- Kiss, O. (2002). Mathematical Heuristic – Lakatos and Pólya. En G. Kampiz, L. Kvasz y M. Stöltzner (Eds.), *Appraising Lakatos: Mathematics, Methodology and the Man*. (pp. 243-254). Kluwer Academic Publishers.
- Kleene, S. C. (1967). *Mathematical Logic*. Nueva York: Wiley.
- Knuth, D. E. (1973). *The Art of Computer Programming*. Segunda edición. MA: Addison-Wesley, Reading.
- Koen, B. V. (1988). Toward a definition of the engineering method. *European Journal of Engineering Education* 13(3), pp. 307–315.
- Kordig, C. (1978). Discovery and Justification. *Philosophy of Science*, 45, pp. 110–117.
- Kowalski, R. (1979a). *Logic for Problem Solving*. Nueva York: Elsevier.

- (1979b). Algorithm=Logic+Control. *Communications of the ACM*, 22(7), pp. 424-436.
- Kuhn, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Kursweil, R. (1990). *The Age of Intelligent Machines*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Lakatos, I. (1978). *Pruebas y refutaciones. La lógica del descubrimiento matemático*. J. Worrall y E. Zahar (Intr. y Sel.), C. Solís (Trad.), Madrid, España: Alianza Universidad.
- (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. J. Worrall y G. Curie (Eds.), J. C. Zapatero (Trad.), Madrid, España: Alianza Universidad.
- Langley, P., Simon, H. A., Bradshaw, G. L. y Zytkow, J. M. (1987). *Scientific Discovery, Computational Explorations of the Creative Processes*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Laudan, L. (1980). Why was the Logic of Discovery Abandoned? En T. Nickles (Ed.), *Scientific Discovery*. Vol. I. (pp. 173–183.) Dordrecht: Reidel.
- Lehmann, C. (1989). *Geometría Analítica*. México: Limusa.
- Lenat, D. (1977). The Ubiquity of Discovery. 1977 *Computers and Thought Lecture*, pp. 1093-1103.
- Lenat, D. y Brown, J. (1983). Why AM and Eurisko Appear to Work. *AAAI-83 Proceedings*, pp. 236-240.

- Lenat, D. y Harris, G. (1978). Designing a Rule System that Searches for Scientific Discoveries. En D. A. Waterman y F. Hayes-Roth (Eds), *Pattern Directed Inference Systems*. (pp. 25-51). Nueva York: Academic Press.
- Lenat, D. y Greiner, R. D. (1980). RLL: A Representation Language Language. *Proc. Of the First Annual NC AI*. Stanford.
- Leplin, J. (1987). The Bearing of Discovery on Justification. *Canadian Journal of Philosophy*, 17, pp. 805–814.
- List, J. A. (2002). *Preference Reversals of a Different Kind: The 'More Is Less' Phenomenon*. *American Economic Review*, 92, (5), diciembre, pp. 1636-1643.
- Manzano, M. (2004). *Lógica, Lógicas y Logicidad*. Lima.
- Markov, A. (1954). *Theory of Algorithms*. Tr. Mat. Inst. Steklov, 42, pp. 1–14.
- Menna, S. (2014). Heurísticas y Metodología de la Ciencia. *Mundo Siglo XX, Revista del CIECAS-IPN*, 32(9), pp. 67-77.
- Meyer, T. y Steinthal, H. (1993). *Vocabulario Fundamental y Constructivo del griego*. Pedro C. Tapia Zúñiga (Trad.) México: UNAM- IIF.
- Minsky, M. L. (1961). Steps toward Artificial Intelligence. *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, 9, pp. 8 -30.
- Moro, R. (2009). On the Nature of the Conjunction Fallacy. *Synthese*, 171, pp. 1–24.
- Newell, A., Shaw, J. C. y Simon, H. A. (1957). Empirical Explorations with the Logic Theory Machine. *Proceedings of the Western Joint Computer Conference*, Vol. 15, pp. 218-239. (Reimpreso en Feigenbaum and Feldman (1963), pp. 109-133.)

- Nickles, T. (1980). Introductory Essay. Scientific Discovery and the Future of Philosophy of Science. En T. Nickles (Ed.), *Scientific Discovery, Logic and Rationality*. (pp. 1-59). Dordrecht: Reidel Publishing Company.
- (1985). Beyond Divorce: Current Status of the Discovery Debate. *Philosophy of Science*, 52, pp. 177–206.
- (2016). Fast and Frugal Heuristics at Research Frontiers. En E. Ipolitti, F. Sterpetti y T. Nickles (Eds). *Models and Inferences in Science*. (pp. 31-54). Switzerland: Springer.
- Nilsson, N. J. (1998). *Artificial Intelligence: A New Synthesis*. San Mateo, California: Morgan Kauffmann.
- Niño, D. (2001). Peirce, abducción y práctica médica. *Anuario Filosófico*, 34 (1), pp. 57-74.
- Novo, M.; Arce, R; y Fariña, F. (2003). El heurístico, perspectiva histórica, concepto y tipología. En M. Novo y R. Arce (Eds.), *Jueces: formación de juicios y sentencias*. (pp. 39-66). Granada: Grupo Editorial Universitario.
- Palomar, J. (2012). Análisis y Síntesis. *Etimologías Filosóficas*. <http://etimologiaspalomar.blogspot.mx/2012/12/analisis-y-sintesis.html> Consultado el 03 de agosto de 2019.
- Peirce, C. S. (1931-1958). *Collected Papers (CP)*, vols 1-8. C. Hartshorne, P. Weiss y A. W. Burks (Eds), Cambridge, Ma: Harvard University Press.
- (1903). Pragmatismo y abducción. (Lecciones de Harvard sobre el pragmatismo, Lección VII). En C. S. Peirce. *Lecciones sobre el pragmatismo*. (pp. 217-248). D. Negro Pavón (Trad., Intr. y notas), Buenos Aires: Aguilar.

- Pérez y Pérez, R. (2015). Reflexiones sobre las características del trabajo interdisciplinario y sugerencias sobre cómo fomentarlo en el aula universitaria. En V. Castellanos Cerda (Ed.), *Estudios interdisciplinarios en Comunicación*. (pp. 33-50). México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa.
- (2018). Comunicación e Interdisciplina: Perspectiva desde la creatividad computacional. En D. Covi Druetta (Coord), *Sociedad del Conocimiento y Comunicación. Reflexiones críticas desde América Latina*. (pp. 199-210). México: Asociación Latinoamericana de Investigadores de la Comunicación.
- Popper, K. (1959). *The Logic of Scientific Discovery*. New York: Basic Books.
- (1960). El desarrollo del conocimiento científico. En D. Miller (Comp.) (1995). *Popper: escritos selectos*. México: FCE.
- (1980). [1934/1959]. *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- Polya, G. (1973). *How to Solve It? A New Aspect of Mathematical Method*. New Jersey, USA: Princeton University Press.
- Poole, D., Mackworth, A. K. y Goebel, R. (1998). *Computational Intelligence: A Logical Approach*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Priest, G. (2008). *An Introduction to Non-classical Logic. From If to Is*. 2da. Ed. Cambridge, Nueva York: Cambridge University Press.
- Rapaport, W. J. (1998). How Minds can be Computational Systems. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence* 10, pp. 403–419. http://www.cse.buffalo.edu/_rapaport/Papers/jetai-sspp98.pdf.

- (2019, July, 28, draft). *Philosophy of Computer Science*. New York: University at Buffalo. Descargado el 3 de agosto de 2019, de <http://www.cse.buffalo.edu/~rapaport/Papers/phics.pdf>.
- Rescher, N. (1978). *Peirce's Philosophy of Science. Critical Studies in His Theory of Induction and Scientific Method*. Notre Dame (Indiana): University of Notre Dame Press.
- Reichenbach, H. (1938). *Experience and Prediction*. Chicago: University of Chicago Press.
- Rich, E. y Knight, K. (1991). *Artificial Intelligence*. (2da. Ed.) Nueva York: McGraw-Hill.
- Rivière, Ángel. (1991). Orígenes históricos de la Psicología cognitiva: paradigma simbólico y procesamiento de la información. *Anuario de Psicología*, 51, pp. 129-155.
- Romanycia, M., y Pelletier, F. (1985). What is a Heuristic? *Computer Intelligence*, 1, pp. 47-58.
- Russell, S., y Norvig, P. (2004). *Inteligencia Artificial. Un Enfoque Moderno*. Madrid: Pearson Education.
- Samuels, R., Stich, S. y Faucher, L. (2004). Reason and Rationality. En I. Niiniluoto; M. Sintonen y J. Wolenski (Eds.), *Handbook of Epistemology*. (pp. 1-50). Dordrecht: Kluwer.
- Savage, L. J. (1954). *The Foundations of Statistics*. Nueva York: Dover.
- Schaffner, K. (1993). *Discovery and Explanation in Biology and Medicine*. Chicago: University of Chicago Press.

- Shapiro, S. (2001). *Computer Science: The Study of Procedures*. Department of Computer Science and Engineering University at Buffalo, The State University of New York, Buffalo. NY 14260-2000. Disponible en <https://cse.buffalo.edu/~shapiro/Papers/whatiscs.pdf>, consultado el 05 de abril de 2019.
- Schickore, J. (2018). Scientific Discovery. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2018 Edition), E. N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/sum2018/entries/scientific-discovery/>.
- Schickore, J. y Steinlee, F. (2006). Introduction. En J. Schickore y F. Steinlee (Eds.), *Revisiting the Context Distinction. Historical and philosophical perspectives on the context distinction*. Dordrecht: Springer.
- Schiller, F. C. S. (1917). Scientific Discovery and Logical Proof. En C. J. Singer (Ed.), *Studies in the History and Method of Science*. Vol. 1. (pp. 235-289). Oxford: Clarendon.
- Simon, H. (1972). Theories of Bounded Rationality. En C. B. McGuire y R. Radner (Eds.), *Decision and Organization*. (pp. 161-176). Amsterdam: Elsevier.
- (1973). Does Scientific Discovery Have a Logic? *Philosophy of Science*, 40, 4, pp. 471-480.
- (1977). *Models of Discovery and Other Topics in the Methods of Science*. Boston Studies in the Philosophy and History of Science 54. Dordrecht, Boston: Reidel Publishing Company.
- (1990). Invariants of Human Behavior. *Annu. Rev. Psychol.* 41, pp. 1-19.

- (2001). Teorías computacionales de la cognición. S. García Pardo (Trad.), *Contrastes. Revista Internacional de Filosofía*, Suplemento VI, pp. 37-61.
- Simon, H. y Zytkow, J. (1988). Normative Systems of Discovery and Logic of Search. *Synthese*, 74, pp. 65-90.
- Strack, F., Martin, L. y Schwarz, N. (1988). Priming and Communication: Social Determinants of Information Use in Judgments of Life Satisfaction. *European Journal of Social Psychology*, 18 (5), octubre-noviembre, pp. 429-442.
- Slagle, J. R. (1963). A Heuristic Program that Solves Symbolic Integration Problems in Freshman Calculus. En E. A. Feigenbaum y J. Feldman (Eds.), *Computers and Thought*. (pp. 191-203). Nueva York: McGraw-Hill Inc.
- Stanovich, K. E. y West, R. F. (1999). Discrepancies Between Normative and Descriptive Models of Decision Making and the Understanding/ Acceptance Principle. *Cognitive Psychology* 38, pp. 349–385.
- Stein, E. (1996). *Without Good Reason. The Rationality Debate in Philosophy and Cognitive Science*. Oxford: Clarendon Press.
- Stingl, V. y Geraldi, J. (2017). Toolbox for Uncertainty; Introduction of Adaptive Heuristics as Strategies for Project Decision Making. En *Conference proceedings of International Research Network on Organizing by Projects (IRNOP 2017)*.
- Thagard, P. (1982). From the Descriptive to the Normative in Psychology and Logic. *Philosophy of Science*, 49 (1), pp. 24-42.
- Todd, P. M., Gigerenzer, G. y grupo ABC. (2012). *Ecological Rationality. Intelligence in the World*. Nueva York: Oxford University Press.
- Turing, A. (1936). On Computable Numbers. An Application to the Entscheidungsproblem. *Journal of Symbolic Logic*, 1, pp. 230-265.

- Tversky, A. y Kahneman, D. (1971). Belief in the Law of Small Numbers. *Psychological Bulletin*, 76, pp. 105-110.
- (1974). Judgment Under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*, New Series, Vol. 185, No. 4157, pp. 1124-1131.
- Vega, L. (1983). La historia de la Lógica y el “caso Aristóteles”. *LLULL*, 5, 175-207.
- Weber, M. (2005). *Philosophy of Experimental Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Winston, P. H. (1992). *Artificial Intelligence*. (3era. Ed.) Massachusetts: Addison-Wesley, Reading.
- Wirth, U. (1998). El razonamiento abductivo en la interpretación según Peirce y Davidson. M. García (Trad.). *C. S. Peirce y la abducción, Analogía Filosófica* 12(1), pp. 113-124.
- Worrall, J. (2002). “Heuristic Power” and the “Logic of Scientific Discovery”: Why the Methodology of Scientific Research Programmes is Less than Half the Story. En G. Kampiz, L. Kvasz, y M. Stöltzner. (Eds.), *Appraising Lakatos: Mathematics, Methodology and the Man*. (pp. 85-99). Kluwer Academic Publishers.
- Wübben, M. y Wangenheim, F. (2008). Instant Customer Base Analysis: Managerial Heuristics Often “Get It Right”. *Journal of Marketing* 72 (3), pp. 82-93.
- Zahar, E. (1983). Logic of Discovery or Psychology of Invention? *British Journal of the Philosophy of Science*, 34, pp. 243-261.

