

EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS X JORNADAS

VOLUMEN 6 (2000), Nº 6

Pio García
Sergio H. Menna
Víctor Rodríguez
Editores



ÁREA LÓGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



El concepto de racionalidad en el análisis cultural de Bronislaw Malinowski: una revisión

Juan Mauricio Renold*

La importancia de Bronislaw Malinowski en el campo de la antropología social, como representante de la teoría funcional es ampliamente conocida. Sus formulaciones referidas a la implementación de un basamento biológico sobre el que dicha disciplina debería fundamentarse científicamente, no han podido ser sostenidas; inclusive – agregamos nosotros – no han sido mantenidas en sus más importantes trabajos por el mismo autor. Aún así, en el ámbito disciplinar sigue insistiéndose en la “revolución malinowskiana”. Nuestro trabajo apunta a desentrañar cuál es el “lugar” en que, a nuestro juicio, se mantiene la presencia malinowskiana (más allá de su interés histórico-disciplinar) y en qué medida sus proposiciones pueden ser estimulantes y provocativas actualmente. Sostenemos que el ámbito en que sus manifestaciones son más pertinentes y significativas se instalan en dos niveles relacionados: 1) su concepción de la cultura como un *bien-herramienta* (o un conjunto de bienes) que puede ser reproducido, conservado y administrado, y 2) su concepción de *racionalidad*, que implica una global *relación de medios a fines* que puede referirse tanto a una formulación racional, científica, lógicamente articulada y empíricamente fundada que constituiría la columna vertebral de la cultura, considerada como *actitud* científica (base de la constitución de la *ciencia* como *sistema*, en tanto *sistema científico*), como referida a una relación de medios adecuados a un fin en un contexto de situación determinado; concepto éste último, que se extiende a la totalidad de los comportamientos y representaciones culturales. En ambos casos se produce una particular equivalencia de conceptos como *efectos* de actividades (considerados como sus *significados*), *eficiencia*, *función* y *racionalidad*. Afirmamos que los dos niveles señalados devienen de considerar el análisis de la cultura en términos de una “concepción económica” que trata de desentrañar la particular racionalidad de conjuntos culturales *concretos*. Esta formulación, sostenemos, se desarrolla en el marco de las influencias que en Malinowski han tenido los principios de la escuela histórica económica alemana moderna, las propuestas generales del marginalismo económico y de la escuela institucionalista. La concepción malinowskiana ha oscilado ambiguamente entre: a) un sentido marginalista de racionalidad – si así puede llamarse – expresado en la relación medios-fines, que es al mismo tiempo extendido al contexto cultural global, b) un sentido institucionalista de racionalidad que suele aparecer en sus análisis de la organización y actividades económicas en las “sociedades primitivas” y que pone límites empíricos a las abstracciones clásicas económicas y c) un sentido científico de racionalidad, en la doble expresión lógica y empírica ya anteriormente señalada.

Consideramos que es debido a estos aspectos que mucho de las formulaciones encontradas en las monografías malinowskianas puedan seguir poseyendo un innegable interés; y además, porque se han integrado en otras propuestas teóricas y metodológicas, aunque su programa de investigación sostenido en consideraciones biológicas haya sido prácticamente

* Facultad de Humanidades y Artes. CIUNR. Universidad Nacional de Rosario.

abandonado y no recuperado actualmente. Su propuesta programática referida a que una teoría de la cultura debe basarse en hechos biológicos (a partir de la satisfacción de necesidades básicas) y su reivindicación del conductismo psicológico, deben ser considerados como el *esfuerzo doctrinal* del autor por basar empíricamente el análisis cultural, *diferenciándolo* de las expresiones de la versión neokantiana formulada por la antropología cultural norteamericana (bajo la dirección de Franz Boas) antes que la expresión teorizada subyacente en sus clásicas monografías.

Veremos ahora cada uno de estos aspectos, comenzando con una exposición resumida de las proposiciones malinowskianas clásicas.

El análisis malinowskiano propone abordar – al menos en un sentido programático – la *totalidad* de una cultura, en sus aspectos sociales, culturales y psicológicos (1973: 14, 27-28) y los fenómenos estudiados son abordados *completamente* cuando se analizan en cada uno de dichos aspectos; en cada aspecto se revela estructura, ley y orden y todos ellos se “aúnan en un conjunto coherente.” Otra forma más concentrada de expresarlo es afirmando que se estudian “comportamientos y pensamientos con arreglo a determinados principios” (1973: 27). La proposición malinowskiana referida a que los fenómenos están articulados en un “conjunto coherente” no hace otra cosa que afirmar que están “arreglados a determinados principios.” Por lo tanto, en este contexto el concepto de *totalidad* utilizado no remite a una mera colección de fenómenos, sino a “un conjunto coherente” o lo que es lo mismo: “arreglo – de comportamientos y pensamientos – a determinados principios.” Ahora bien ¿cuáles son dichos principios?. La respuesta se expresa en los trabajos de Malinowski desde las siguientes perspectivas: 1) aquélla que plantea relaciones que las actividades organizadas (instituciones) tienen entre sí (una concepción en la cual hay un eco durkheimiano); 2) aquélla que – como ha comentado Edmund Leach – remite (aunque su utilización es muy reducida) en el campo del análisis del mito como “carta” constitucional para relaciones sociales determinadas, a los rudimentos de la función utilizada en la lógica simbólica; y 3) aquélla que se refiere a la satisfacción de necesidades básicas y derivadas. Ésta última es la que amplía y generosamente se presenta en los textos teóricos del autor y por la cual es – clásicamente – reconocido. En conjunto, se denominan a estos principios: principios funcionales. También es necesario señalar que, el modo apropiado para el autor, del análisis de las actividades, es en un contexto institucional ya que la institución es la “legítima unidad aislable en el análisis cultural” (1970: 65) o “la unidad concreta, aislable en la conducta organizada” (1970: 68). Esto es así ya que la *institución* es la mínima unidad donde se expresan dichos principios, que articulan en dichas unidades los cuerpos de bienes culturales que el autor clasifica en bienes materiales, organización social, lenguaje y sistemas de valores (rationales, espirituales, etc.). La institución se define así como se ha definido la cultura. Es la mínima expresión de esta última que conserva los rasgos de una “totalidad”. Sin entrar en detalles que nos desviarían de nuestro objetivo podemos decir que, reducida a su mínima expresión, la “estructura” de una institución presenta: estatuto (o propósito u objetivo), instrumentalización de actividades y función (o resultados).

Nos referiremos ahora a su concepción de la cultura como un *bien-herramienta*. Malinowski propone que la cultura “debe ser entendida como un medio para un fin, es decir, instrumental o funcionalmente” (1970: 84). Si bien la concepción referida al análisis de la cultura basado en hechos biológicos está presente – como programa a desarrollar en su obra póstuma – en sus monografías clásicas, sin embargo, su perspectiva no insiste reiterativa-

mente en estos temas. En ese sentido, son a nuestro juicio, mucho más significativas sus afirmaciones referidas a que “este ambiente, que es ni más ni menos la cultura misma, debe ser reproducido, conservado y administrado permanentemente” (1970: 50).

El interés de Malinowski en sus dos clásicas monografías: *Los Argonautas del Pacífico Occidental* de 1922 y *Jardines de Coral* de 1935, se centraba menos en sus tautológicas series de necesidades a satisfacer en la organización e intercambios económicos entre los isleños de las Trobriand. Junto con otras monografías más cortas pero indudablemente importantes, *La economía primitiva de los isleños de las Trobriand* de 1921 y *Crimen y costumbre en la sociedad salvaje* de 1926, Malinowski parece establecer – de una manera no exenta de ambigüedades – lo siguiente:

- a) Una fuerte crítica tanto a quienes afirman que los nativos, “los salvajes” no poseen organización económica (Bücher) sino que están en una fase pre-económica, como aquéllos que manifiestan que “el salvaje” persigue sus objetivos por medio de una “concepción racionalista del beneficio personal, que logra directamente sus propósitos con el mínimo esfuerzo” (1973: 74) o buscan su expresión puramente utilitaria y económica.
- b) La afirmación que el nativo “trabaja movido por motivaciones bien complejas, de orden social y tradicional, y persigue fines que no van encaminados a satisfacer las necesidades inmediatas ni a lograr propósitos utilitarios” (1973: 74).
- c) La propuesta, sustentada en su experiencia de campo que en 1921 planteaba:

Todos los hechos aducidos en este artículo nos llevan a la conclusión de que la economía primitiva no es de ningún modo una cuestión sencilla, como con frecuencia se nos ha hecho creer. En las sociedades salvajes no existe con certeza una economía nacional, si por el término entendemos un sistema de intercambio libre y competitivo de bienes y servicios, con el juego de la oferta y la demanda determinando el valor y regulando toda la vida económica. Pero hay un largo trecho entre esto y la asunción de Bücher, de que la única alternativa es una fase pre-económica, donde un individuo o una sola unidad doméstica satisface sus necesidades primarias lo mejor que puede, sin ningún otro mecanismo más elaborado que el de la división del trabajo según el sexo, y de vez en cuando cierto regateo. En vez de ello nos encontramos con un estado de cosas donde la producción, el cambio y la consumición están organizados socialmente y regulados por la costumbre, y donde un sistema especial de valores económicos tradicionales gobierna sus actividades y les estimula a esforzarse. Este estado de cosas podría llamarse – pues una nueva concepción requiere un término nuevo – Economía Tribal. (1976: 99-100)

- d) La afirmación de la efectividad de las obligaciones económicas y la importancia del principio de reciprocidad en la vida tribal.

Las afirmaciones ambiguas de Malinowski, inclusive las expresas contradicciones (así, su empleo de los conceptos de beneficio y utilidad, por ejemplo) han sido minuciosamente detallados por Raymond Firth (1957) en una de las más rigurosas críticas a su maestro. Pero no es nuestra intención continuar esta tarea. Por el contrario, consideramos que una de las formas de presentar las formulaciones malinowskianas con un cierto interés contemporáneo (reconocemos que hay varias alternativas y esta es una de ellas) es la de subrayar la importancia que en su obra tuvo seguramente el conocimiento de ciertos criterios básicos sostenidos por la nueva escuela histórica alemana de economía, especialmente a través de Karl

Bücher. Esta escuela sostuvo a partir de la década del '70 del S. XIX fuertes controversias de método con las escuelas neoclásicas marginalistas, afirmando lo siguiente:

- 1- Sostenimiento del método histórico inductivo frente a la abstracción deductiva.
- 2- Estudios particulares frente a generalizaciones.
- 3- Economía descriptiva y estudios institucionales frente a una economía que trata de encontrar leyes generales.
- 4- Interés creciente por soluciones prácticas de cuestiones de política social y laboral.

Los lineamientos generales de estas formulaciones pueden encontrarse en el punto c) anteriormente citado. Por otro lado, posteriormente, en su residencia en Estados Unidos muy probablemente estos lineamientos se hayan visto reforzados por la escuela institucionalista económica norteamericana. Esta última ha recibido las influencias de la escuela histórica alemana y en los años veinte plantearon:

- 1- abandono del enfoque de la utilidad marginal y de su enfoque neoclásico abstracto
- 2- crítica de la ficción del "hombre económico"

y además, como afirma Surányi-Unger:

El institucionalismo y el behaviorismo, estrechamente relacionados con aquél, partían del supuesto de que los actos económicos son gobernados no solo por el principio hedonístico. El comportamiento económico del hombre, sus deseos y necesidades, sus formas de actuar y sus medios son simples funciones de una evolución constantemente cambiante, infinitamente compleja, moldeada por instituciones sociales concretas y, en este sentido, "institucional". La verdadera naturaleza de las relaciones económicas puede captarse solo mediante el estudio de las instituciones económicas, de las transformaciones que experimentan en el curso de su evolución y de sus interrelaciones con los cambios de las peculiaridades psicológicas del comportamiento económico del hombre. Por ello, los institucionalistas exigían un concepto dinámico de la economía. (1975: 751)

Lo expuesto por Malinowski en su artículo de 1921 sin duda mantiene puntos de contacto con la escuela institucionalista, sobre todo porque esta última analiza el sistema económico como parte de un sistema cultural constituido por muchas instituciones.

Es necesario aclarar, con fuerza, que Malinowski seguramente no era ajeno a estas cuestiones pero no era bajo ningún punto de vista un sólido e inambiguo "economista". Así, consideramos que mantuvo un criterio de actividades dirigidas a un fin, o lo que es lo mismo, un concepto del esquema o "estructura medios-fines" de la concepción marginalista, en la cual modificándola, se pone entre paréntesis la definición de escasez y de beneficio, subsumiendo – relativizando – su significado empírico en ámbitos institucionales concretos. Sus iniciales posturas críticas – luego atenuadas – expuestas en el punto a) son una expresión de esta modificación. En este sentido, sus más importantes trabajos monográficos se esfuerzan en presentarnos a nativos – hombres como otros, como cualquiera otros – que desarrollan sus actividades racionalmente, en el sentido que mediante la producción cultural se satisfacen necesidades en contextos institucionales específicos. O dicho de otra manera: la racionalidad se manifiesta en la cultura como un bien, una herramienta (un conjunto de bienes) que se produce para satisfacer una "demanda" (necesidades) de hombres empíricos, reales, en contextos institucionales.

En la medida que en condiciones empíricas determinadas las demandas son satisfechas, las actividades realizadas son *eficientes*. La totalidad cultural es un conjunto coherente,

como dijimos al comienzo, y ahora podemos ver que uno de los principios “funcionales” que hacen posible esa coherencia es el de la mencionada (y limitada) racionalidad expresada en la relación medios-fines. En esta perspectiva *efectos* de actividades, *función*, *eficiencia* y *racionalidad* son términos equivalentes. No quedarían excluidos en esta equivalencia términos como *beneficio* y *utilidad* (como efectivamente reaparecen a pocas páginas de donde se los había excluido en las monografías citadas). Sin duda, su concepción de la antropología social como una ciencia capaz de generalizaciones acerca de la conducta humana, sobre la base – al menos programáticamente – de un riguroso empirismo, ha relativizado y condicionado su crítica a lo que el autor denominaba “la economía clásica”.

Pareciera así que Malinowski no abandona un criterio formal de racionalidad, – en el sentido indicado – al mismo tiempo que afirma su contenido específico condicionado institucionalmente. Una de sus últimas definiciones de economía expresaba lo siguiente:

La economía es el estudio de la producción, cambio, distribución y consumo de la riqueza. Ésta difiere profundamente de acuerdo con el nivel de la evolución o las diferencias ambientales y depende de un determinado número de reglas legales o concepciones de valor definidas por la tradición. El estudio integral del proceso, partiendo de los factores de producción, la organización del cambio y la distribución, el modo en que la riqueza es en parte consumida y en parte usada como instrumento de poder, se vincula con estos principios generales que gobiernan, dentro de una cultura, cada específica institución económica, de cuyo estudio particular son un complemento. La clásica teoría económica debe ser en parte confirmada y en parte reestructurada en términos más elásticos al definir conceptos tales como tierra, trabajo, capital y la organización de la empresa, en niveles donde estos términos pueden no haber sido tomados de nuestra propia cultura. No obstante, en mi opinión, la estructura general de la teoría clásica es aplicable, con modificaciones. (1970: 148-149)

Las bases fundamentales en el campo de la antropología, de la polémica entre sustantivistas y formalistas en la década del '60 se encuentran ya aquí establecidas. El marcado acento institucional propuesto por Malinowski ha producido su alineación en el campo de dicha polémica, preferentemente como precursor o antecedente de la concepción sustantivista. El denominado “incrustamiento” de la economía en ámbitos institucionales como un *aspecto* de la vida social, tiene también en sus trabajos a un claro representante.

Sin embargo, Malinowski no dudaba en afirmar que el “problema” de la existencia de un conocimiento científico entre los “primitivos” era un problema epistemológico y manifestaba que la *actitud* científica o “conocimiento” científico (aun ante la ausencia de la *ciencia* como *sistema*) constituye la “espiná dorsal” de la cultura. Así plantea, en este campo, una estricta relación de adecuación racional de medios a fines, expresándolo de la siguiente forma:

Arribaríamos, con Frazer, a la conclusión de que el hombre en todos los estados y en todos los climas está en posesión de conocimientos empíricamente fundamentado y lógicamente esgrimido. Hasta las técnicas más simples del hombre primitivo, como la producción del fuego, de utensilios y de refugios, implican el conocimiento del material y de los procedimientos para usarlo y darle forma. Son éstos fundamentalmente racionales, desde que son adecuados para su fin. El australiano primitivo conoce su ambiente, los hábitos de los animales que caza y las plantas que recoge, puesto que, sin este conocimiento, moriría de inanición. Al recolectar los alimentos, cazar, pescar o producir armas y utensilios, es guiado por su saber, que lo hace coordinar racionalmente los esfuerzos

concertados del equipo. El conocimiento, en verdad científico, es siempre la primera guía en su relación con el medio (1970: 228).

Conclusión

Consideramos que abordando los clásicos trabajos malinowskianos, desde la perspectiva referida a la relación entre la coherencia cultural y el principio de racionalidad que posibilita la misma en sus distintos aspectos y actividades, posee un interés disciplinar efectivo y una relevancia, aún con sus claras ambigüedades y contradicciones, que su propuesta programática más clásica y repetida no posee ni es capaz de alcanzar. Insistimos, no se trata de recuperar un Malinowski economista en un sentido estricto (en ese sentido, la crítica de Raymond Firth ha sido cruel, pero necesaria) sino de establecer la existencia de un principio que "ordena" o "arregla" comportamientos y pensamientos de hombres concretos y que supere heurísticamente a la perspectiva que los relaciona con el basamento de los hechos biológicos. Aún con sus limitaciones el esfuerzo de una relectura en este sentido vale la pena.

Además, esta perspectiva es la que ha hecho que la obra de Malinowski no expresara el conocido carácter estructural de la antropología británica liderada por Radcliffe-Brown y su versión empirista de las propuestas durkheimianas con su insistencia en el análisis de los sistemas de parentesco y los sistemas políticos. En este sentido, la modalidad malinowskiana ha obrado como un obstáculo interno a la realización de la propuesta estructural pero ha posibilitado un temprano interés por las actividades económicas en culturas "primitivas". Al mismo tiempo que se diferenciaba de las concepciones clásicas de la antropología cultural norteamericana en varios puntos importantes, entre los cuales pueden citarse: a) la concepción malinowskiana no postula una dimensión interna de la cultura en términos de significados y contenidos de conciencia correspondientes a los individuos que integran la primera, b) postula una dimensión interna pero en términos "objetivos", en base a la relación medios-fines en los individuos, en contextos institucionales y c) plantea una concepción de cultura como una entidad discreta, pero esta última está dada no por un sistema clasificatorio interno a la manera culturalista (un sistema asociativo de comportamientos, significados y emociones) sino por la expresión histórica-institucional de un principio ordenador de racionalidad, o de leyes o relaciones funcionales en sus manifestaciones más clásicas.

Notas bibliográficas

- MALINOWSKI, Bronislaw (1970) *Una teoría científica de la cultura*, Editorial Sudamericana, Bs. As.
- MALINOWSKI, Bronislaw (1973) *Los Argonautas del Pacífico Occidental*, Editorial Península, Barcelona
- MALINOWSKI, Bronislaw (1976) "La economía primitiva de los isleños de Trobriand" en Godelier, Maurice (Comp.), *Antropología y Economía*. Editorial Anagrama, Barcelona.
- FIRTH, Raymond (1974) "El lugar de Malinowski en la historia de la antropología económica", en Firth, Raymond y otros, *Hombre y cultura. La obra de Bronislaw Malinowski*, Editorial Siglo XXI, Madrid.
- SURANYI-UNGER, Theo (1975) "La escuela histórica", en *Enciclopedia Internacional de Ciencias Sociales*, dirigida por David Sillis, Vol. 7, pp. 749-751, Aguilar Ediciones, Madrid.

El rol de las reglas heurísticas en los problemas intratables

*Victor Rodríguez**

Cómo es sabido, existe una amplia tradición de investigación que intenta caracterizar a la actividad científica como una actividad de planteamiento y de resolución de problemas. Tomando este enfoque general, lo que hago aquí son algunas reflexiones sobre el concepto mismo de problema científico, bajo la suposición de que nos encontramos con uno de esos conceptos de considerable vaguedad intrínseca, e intento acercar a la filosofía de la ciencia una línea de investigación que está aportando en mi opinión elementos de interés para una mejor elucidación del mismo. Me refiero al área de la complejidad computacional, aunque en realidad podríamos pensarla como un emergente de una trama de relaciones entre varias disciplinas: la lógica matemática, la teoría de autómatas, las teorías de lenguajes formales, y varias ramas de las ciencias de la computación, especialmente la teoría abstracta de la computabilidad. Por razones de espacio y también de eventual impacto sobre la filosofía de la ciencia, he recortado el análisis de esta temática a los llamados problemas intratables, ya que los mismos brindan sugerencias interesantes para un proyecto de taxonomía de problemas, a la vez que generan interesantes desafíos a la epistemología. El concepto de regla heurística subyace con diferentes grados de generalidad a todo el trabajo.

Si bien el concepto de problema científico ha sido trabajado por los filósofos de la ciencia, también lo ha sido por científicos de varias disciplinas. Polya sentó una tradición y un estilo en lo referente al abordaje de problemas en matemáticas. Las escuelas rusa, francesa, y otras, en varias ramas de la ciencia, generaron sus propias maneras de caracterizar un problema y también de algún modo sus propias estrategias para buscar la solución. Normalmente esto se reflejó en un estilo de gradación de problemas atendiendo a diferentes tipos de dificultades, desde cuestiones de complejidad operativa hasta las raíces conceptuales de las teorías subyacentes. De este modo, tanto el planteamiento, como la resolución de problemas en diversas disciplinas científicas oscilaron entre la sensibilidad pedagógica y la profundidad filosófica. Al parecer, esta tendencia se mantiene.

Pero la matemática es un caso especial, por el nivel técnico involucrado en el planteamiento de los problemas. En la mayoría de las áreas de investigación que no son tan dependientes de lenguajes semi-formales, gran parte del uso del concepto de problema está asociado a un estilo de formulación de preguntas y a intentos de articulación de respuestas sobre bases teóricas determinadas. Esto es realmente un lugar común en el contexto de la filosofía, y también lo es en mi opinión en buena parte de la filosofía de la ciencia contemporánea.

Resulta bastante atractiva en este sentido la propuesta de Hintikka y la escuela finlandesa, de explorar las consecuencias de un enfoque asociado a preguntas "Por qué", las llamadas "Why Questions". Como es sabido, este es un programa de investigación bastante consolidado. Otra línea que ha generado muchos subproductos, y sobre la que ya hemos

* Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba.

expuesto en varias ocasiones, es la que asocia a los descubrimientos científicos con el planteamiento y la resolución de problemas en contextos de diversos grados de generalidad y con diferentes matices procedurales. Me refiero al extendido programa de Herbert Simon y colaboradores. Un tercer enfoque bastante considerado está relacionado con la dinámica teórica en el contexto de la ciencia normal en sentido kuhniano. A pesar de lo trillado de este enfoque, da la impresión de que todavía merece consideración e investigación, dado que subyace algo similar al mismo en numerosas prácticas científicas y en mi opinión estamos muy lejos de tener una clara idea de lo que es resolver un problema dentro de la fase de ciencia normal. Finalmente, para nuestros fines, llama también la atención el destino del proyecto de Larry Laudan de comparar teorías por su potencial eficacia en la resolución de problemas. En mi opinión asistimos en este caso a una situación curiosa entre una línea sumamente atractiva de investigación en filosofía de la ciencia, que parece más que estar agotada, recién estar en sus comienzos, y una aparentemente irremediable vaguedad en la caracterización de la noción de problema científico. Menciono estos enfoques porque son representativos de la investigación filosófica en torno del concepto de problema y porque en ninguno de ellos tiene todavía un lugar la caracterización de los problemas dada por la complejidad computacional, ni aún en un programa de investigación tan cercano como el de Simon, que ha contribuido en buena medida al acercamiento de la computación a la filosofía de la ciencia. En relación con el título de nuestro trabajo, esto también ha contribuido a que no tengamos una noción robusta a la vez que de suficiente generalidad de regla heurística.

Pero al margen de la computación, si estos programas de investigación siguen gozando de buena salud, al menos para los filósofos de la ciencia, y si podemos captar a una buena parte de la naturaleza de la ciencia a través del análisis de sus problemas e intentos de soluciones, el concepto de problema dentro de cada uno de ellos requiere un análisis mucho más detallado. Normalmente esos abordajes generales no satisfacen las expectativas epistemológicas y es natural que así sea, dado la vasta gama de problemas con sus respectivos intentos de solución. Uno alude al concepto de problema de manera similar a como lo hace con el concepto de teoría. Todo el mundo parece saber de qué está hablando cuando usa estos términos, a pesar de que la vaguedad y ambigüedad acechan en cualquier inferencia que los invoque. Podría pensárselos como ingredientes que conforman el sentido común de los filósofos de la ciencia. Algo así como elementos indispensables en una filosofía *folk* de la ciencia.

Para intentar avanzar un poquito en esta cuestión, pretendo elaborar una primera aproximación al contexto epistemológico en torno de la noción de problema desde el contexto científico particular mencionado. Naturalmente, este intento tiene sus riesgos, como la mayoría de las extrapolaciones de contextos específicos a otros más generales; además, la elección de paradigmas computacionales suele considerarse como demasiado restrictiva para buenos sectores de la comunidad filosófica, pero hasta donde conozco el tema es el único sector de la investigación científica que ha producido importantes avances en torno del concepto de problema.

En lo que sigue vamos a considerar que un problema es una pregunta general que posee usualmente varios parámetros cuyos valores quedan sin especificar. Seguimos aquí el tratamiento standard que es usual en los textos y artículos clásicos de teoría de la computación y áreas afines. Para caracterizar un problema, se da una descripción general de todos sus

parámetros y un enunciado de qué propiedades debe satisfacer la respuesta o solución. Tenemos una instancia del mismo cuando especificamos valores particulares para todos los parámetros del problema.

Hay varios modos usuales de encontrar la solución para un problema determinado. Aún cuando la línea divisoria no siempre es nítida, podemos esbozar cuatro ámbitos principales de abordaje sistemático de un problema:

- a) La aplicación de procedimientos asociados a reglas heurísticas particulares, tales como ensayo y error, o la ponderación exhaustiva de casos, usualmente asociada a variantes de enumeración. También son frecuentes las reglas de búsqueda guiadas por conjeturas conservadoras o audaces.
- b) El uso de un algoritmo que lleva a la solución del problema.
Entendemos aquí algoritmo en general como un procedimiento explícito paso por paso para resolver problemas. Es común que se asocie a los algoritmos con programas computacionales escritos en algún lenguaje de computación preciso.
- c) El uso de una definición recursiva.
- d) La aplicación de una fórmula explícita que da la solución.

Usualmente cuando no se da esta última situación, la de hallar una fórmula explícita, se construyen algoritmos de aceptable complejidad para abordar los problemas. Dicha complejidad generalmente se mide tanto por el esfuerzo de cómputo que se necesita para evaluar la fórmula o su equivalente en versión algorítmica, como por la relación entre esta capacidad de cómputo y la longitud o tamaño de los datos de entrada del problema.

Decimos que un algoritmo resuelve un problema si se puede aplicar a cualquier instancia del mismo y se puede garantizar siempre que produce una solución para esa instancia dada. En general se desea encontrar el algoritmo más eficiente para resolver un problema, siendo esta noción de eficiencia fuertemente dependiente de los recursos que se necesitan para ejecutar el algoritmo. Esto ha generado varios términos técnicos que son necesarios debido a que hay diferentes modos de describir las instancias de un problema dado y es natural intentar poner un poco de orden entre los mismos. Sólo tomaremos algunos conceptos básicos necesarios para lo que sigue:

- a) Un concepto de medida de una instancia de un problema, que pretende reflejar la cantidad de datos de entrada necesarios para describir la instancia.
- b) Una función de complejidad temporal para un algoritmo dado, que expresa los requerimientos temporales para dar para cada longitud de entrada posible, la cantidad mayor de tiempo que se necesita para resolver una instancia del problema de esa medida. Lo de la cantidad mayor aquí significa que la función pretende ser sensible al peor de los casos y no al más corto. De lo que se trata es de evaluar al algoritmo de acuerdo con su desempeño sobre la peor entrada posible que se le puede presentar.
- c) Se define un algoritmo de tiempo polinómico como aquel cuya función de complejidad está acotada por otra función polinómica.
- d) Un algoritmo cuya función de complejidad temporal no puede ser acotada de este modo, se llama algoritmo de tiempo exponencial.

La mayoría de los algoritmos de tiempo exponencial son variaciones de búsquedas exhaustivas, mientras que los de tiempo polinómico generalmente captan algo más profundo de la estructura de un problema. La práctica en estos campos ha llevado a considerar que un problema puede ser bien resuelto si puede ser abordado exitosamente con un algoritmo de tiempo polinómico. A los que no se los puede tratar de este modo se los llama problemas intratables.

El concepto de intratabilidad ha resultado ser mucho más fructífero de lo que se había imaginado hace algunas décadas. En particular, es considerablemente independiente del esquema de codificación particular del problema y del modelo de computadora que se use para determinar la complejidad temporal. Se ha mostrado que los esquemas de codificación standard que se usan en la práctica para cualquier problema particular siempre difieren a lo sumo polinómicamente uno de otro. Algo similar sucede con los modelos realistas de computadoras estudiados hasta ahora. Las máquinas de Turing, las máquinas de Turing de cintas múltiples y las máquinas de acceso aleatorio, son equivalentes con respecto a la complejidad temporal polinómica. La clase de problemas intratables no queda afectada por el modelo de computadora que se usa, al menos en las versiones conocidas de computadoras abstractas.

Con respecto a la intratabilidad, hay dos causas diferentes para la misma a tener en cuenta. Una es cuando el problema es tan difícil que se necesita un tiempo exponencial para descubrir la solución. La otra es que la solución en si misma deba ser tan extensa que no puede ser descrita con una expresión que tenga longitud acotada por una función polinómica de la longitud de entrada. De ambas, la intratabilidad más común es la primera. Aquí conviene establecer una distinción entre intratabilidad e indecidibilidad. Recordemos que problemas decidibles son aquellos que se pueden resolver por sí o por no.

La indecidibilidad es anterior a la computación. Su primer gran resultado fue el problema del halting, resuelto por Turing. La entrada para este problema es un programa de computadora, junto con sus datos de entrada; el problema es decidir si el programa eventualmente parará. La dificultad aparece debido a la posibilidad de búsqueda no acotada. La solución obvia es correr el programa hasta que se pare, pero no es claro cuando es correcto abandonar la búsqueda y decidir que el programa no parará. Turing demostró usando la técnica de diagonalización heredada de Cantor, que no existe un algoritmo que pueda controlar exitosamente todas las instancias del problema. Otro notable ejemplo es la solución del llamado décimo problema de Hilbert. Se trata de un ejemplo tomado de la teoría de números y consiste en resolver ecuaciones diofánticas. Esto es, dada una ecuación polinómica, averiguar si existe una solución en números enteros. Hilbert planteó en 1900 el problema de encontrar un procedimiento de decisión general para resolver tales ecuaciones diofánticas. Matiyasevich demostró en 1971 que no existe tal procedimiento de decisión.

Los primeros problemas intratables, pero decidibles se obtuvieron en la década del 60 en relación con jerarquías de complejidad. Se suele decir que estos primeros problemas fueron construcciones bastante artificiales. En los 70 se arribó a problemas intratables más cercanos a la práctica científica. Hay aquí problemas de teoría de autómatas, de lógica matemática y de teoría de lenguajes formales. Las demostraciones muestran que estos problemas no se pueden resolver en tiempo polinómico usando aún un modelo computacional "no determinista", que puede realizar un número no acotado de sucesiones independientes en paralelo.

Uno de los principales subproductos de esta práctica ha sido el hallazgo de interesantes relaciones entre problemas, que a su vez ayudan en la construcción de nuevos algoritmos. Una técnica importante es la de reducción de un problema a otro, dando una transformación constructiva que proyecta cualquier instancia del primer problema en una instancia equivalente del segundo. Esto proporciona los medios para convertir a un algoritmo que resuelve el segundo problema en un algoritmo correspondiente para resolver el primero. Dicho de otro modo, un problema X se dice que es reducible a un problema Y si, dada una subrutina capaz de resolver el problema Y , puede construirse un algoritmo para resolver el problema X . Se demostró, por ejemplo, que el problema del halting es reducible al décimo problema de Hilbert, de lo que se sigue que este último debe ser indecidible.

Hay muchos ejemplos de reducciones exitosas que anticiparon la revolución que se produjo en 1971 con el trabajo de Stephen Cook "*The complexity of theorem proving procedures*", en el que quedó explicitada la importancia de la reducibilidad en tiempo polinómico. Esto significa que si tenemos una reducción de tiempo polinómico de un problema a otro, esto asegura que cualquier algoritmo de tiempo polinómico para el segundo problema puede convertirse en un correspondiente algoritmo de tiempo polinómico para el primer problema. Por otra parte Cook trabajó la clase de problemas de decisión NP que pueden resolverse en tiempo polinómico por una computadora no determinista. La mayoría de los problemas aparentemente intratables que se encuentran en la práctica, cuando se escriben como problemas de decisión, pertenecen a esta clase. Y finalmente demostró que un problema particular en NP, llamado el problema de la satisfacibilidad, tiene la propiedad que todo otro problema en NP puede ser reducido polinómicamente a él. Si el problema de la satisfacibilidad puede resolverse con un algoritmo de tiempo polinómico, entonces así también todo problema en NP, y si cualquier problema en NP es intratable, entonces el problema de la satisfacibilidad debe ser también intratable. En este sentido y en la jerga de los computacionalistas, el problema de la satisfacibilidad es el problema "más duro" en NP. A modo de corolario mostró que otros problemas pueden ser tan duros como el anterior entre los miembros de NP. Esta conjetura general sobre la "dureza" de los problemas fue ilustrada a través de muchos ejemplos por Richard Karp desde 1972. Hay numerosos problemas que son tan duros como el problema de la satisfacibilidad. A esta clase de equivalencia entre los problemas más duros en NP se le ha llamado la clase de problemas NP-completos.

La pregunta importante que se desprende de todo este contexto es si son intratables los problemas NP-completos. Esta pregunta es considerada como una de las más importantes de las ciencias de la computación. Y es poco lo que se ha logrado hasta ahora en torno de una respuesta efectiva a la misma. No sabemos si NP-completitud implica intratabilidad.

Pero esta ausencia de demostraciones generales convincentes no ha impedido ensayos de taxonomías, dado que ya se conocen varios centenares de problemas NP-completos pertenecientes a diversas ramas de investigación. Garey y Johnson han elaborado una lista realmente impactante de tales problemas organizada bajo las entradas siguientes:

Teoría de grafos, diseño de redes, conjuntos y particiones, almacenaje y recuperación, secuenciación e inventariado, programación matemática, álgebra y teoría de números, juegos y rompecabezas, lógica, lenguajes y autómatas, optimización de programas, y misceláneas. Si tenemos en cuenta el lugar importante que tienen estas especialidades en la sintaxis de numerosos modelos en uso en diferentes disciplinas científicas, es fácil reconocer que la NP-completitud está invadiendo a las disciplinas científicas.

Cuando hablamos antes de una función de complejidad polinómica, hemos usado un concepto de complejidad que ha sido objeto de numerosas interpretaciones. El tratamiento de la complejidad se ha extendido claramente fuera del dominio de las ciencias de la computación; por ello vamos a aclarar su significado dentro de nuestro contexto. En un trabajo ahora clásico de 1965, Hartmanis y Stearns dieron una definición precisa de "clase de complejidad", consistente de todos los problemas resolubles en un número de pasos acotado por una función dada de la longitud de entrada, y usando la técnica de diagonalización probaron muchos resultados importantes acerca de la estructura de las clases de complejidad. A través de investigaciones posteriores se han encontrado numerosas relaciones de inclusión que muestran una jerarquía en la complejidad de los problemas.

$$\text{LOG-Tiempo} \subseteq \text{LOG-espacio} \subseteq \text{P-Tiempo} \subseteq \text{P-espacio} \subseteq \text{EXP-tiempo} \subseteq \\ \subseteq \text{EXP-espacio} \subseteq 2\text{EXP-tiempo} \dots$$

Si además consideramos categorías no deterministas, por ej. NP-tiempo, obtenemos muchas más clases y muchas preguntas interesantes.

En la actualidad un número creciente de problemas que aparecen en aplicaciones no triviales resultan ser NP-completos o peor. En tales casos, a los fines de abordarlos con algún éxito, se recurre a algoritmos de aproximación, a algoritmos probabilistas y a heurísticas. En general se logran por estos medios soluciones que pueden garantizarse como buenas en el promedio. Por razones de tiempo voy a hacer un solo comentario en relación con uno de estos casos: los algoritmos de aproximación de tiempo polinómico y la situación conflictiva en que se encuentra el estado del arte de la construcción de los mismos. Dado que se trata de algoritmos de aproximación, se acepta la presencia de un error relativo, algo así como una pequeña diferencia entre la solución hallada y la solución ideal. Para algunos problemas este error puede hacerse tan pequeño como se desee. Para otros parece haber una cota en la aproximación que no puede superarse. Para otros problemas hasta ahora no se ha hallado un algoritmo con error relativo acotado. Y peor aún, hay problemas para los cuales la existencia de tal algoritmo implicaría que $P = NP$. Pero esta es la conjetura más importante no resuelta de todo el campo bajo análisis.

Sea cual fuere la relación entre P y NP, está vinculada con la distinción entre la habilidad para resolver un problema y la habilidad para chequear una solución. Una consecuencia sorprendente de la igualdad será que todo problema para el cual sus soluciones son fáciles de chequear, sería también fácil de resolver. Podría erradicarse el problema de la explosión combinatoria. O dicho de otro modo, siempre que un problema tuviera una demostración corta, un procedimiento podría encontrar esa demostración rápidamente. Dado que P es parte de NP, la pregunta es si pueden ser iguales. Desde 1971, esto significa que o todos esos problemas pueden ser resueltos por un procedimiento mecanizado de cómputo o ninguno de ellos puede. La creencia es que P es distinto de NP, significando que los problemas NP-completos son inherentemente intratables, pero nadie lo sabe con seguridad hasta ahora.

Continuando con nuestro periplo por la intratabilidad, recordemos que hemos asociado problemas difíciles de resolver con funciones de complejidad exponencial. Pues bien, hay problemas aún más difíciles. Hay funciones exponenciales dobles, triples,..., hasta Q, del tipo 2 a la 2 a la 2,..., a la 2 a la N, con Q apariciones de 2. Y por si esto fuera poco, hay

ejemplos realmente monstruosos, como un formalismo llamado WS1S, que es extremadamente difícil de analizar. Se ha demostrado que no admite un algoritmo exponencial de orden Q , para cualquier Q . Esto significa que para cualquier algoritmo A que determina la verdad de las fórmulas de WS1S (y hay tales algoritmos) y para cualquier número fijo Q , habrá fórmulas de longitud N , para N más y más grandes, que requerirán que A corra para unidades de tiempo más largas que 2 a la 2 a la 2 ,..., a la 2 a la N , con Q apariciones de 2 . Este caso no es sólo intratable en el sentido standard; su desempeño temporal es peor que cualquier exponencial de orden Q , razón por la cual se suele hablar de intratabilidad ilimitada (Harel, 1992).

Una observación que es conveniente hacer aquí: a pesar de lo intrincados de estos problemas, o como a veces se les ha llamado, de ser intrínsecamente difíciles, debemos recordar que hay dos tipos de cuestiones involucradas, cuestiones teóricas y prácticas. En buena medida los resultados asociados a cuestiones teóricas que se han incorporado a la formación básica de cualquier especialista en computación son mayormente producto de la lógica matemática. El núcleo más fuerte es la indecidibilidad. La intratabilidad está mayormente referida a la imposibilidad práctica de lograr una solución para problemas bien planteados. Ambas tienen fuertes implicaciones para la epistemología. La esfera práctica, que es de la que nos ocupamos aquí, está contribuyendo a cambiar nuestras apreciaciones acerca de las relaciones entre el planteamiento de un problema y su eventual solución. La esfera teórica puede contribuir a cambiar nuestra imagen de los alcances de ciertas metodologías que están fuertemente tramadas entre algoritmos y heurísticas.

Esto sugiere una primera gradación de los problemas en tres grandes categorías: problemas que se pueden resolver, problemas que no se pueden resolver debido al enorme costo de tiempo y espacio de máquina, totalmente fuera del alcance de cualquier procedimiento de cómputo imaginable en la práctica, y problemas que se puede demostrar que son insolubles aún en teoría. El físico matemático Robert Geroch lo expresó a esto en los siguientes términos: "Ya no hay más preguntas para las cuales sabemos que podemos determinar la respuesta, y aquellas para las cuales no sabemos sí o no podemos determinar la respuesta. Ahora hay además preguntas para las cuales sabemos que no podemos determinar la respuesta." Uno podría pensar que se trata de un campo interesante pero muy limitado en su alcance. En ese caso no habría demasiado interés en profundizar los alcances de estos teoremas de limitación y de asociarlos a otros ámbitos más cotidianos de la práctica científica. Es por ello que he seleccionado esta referencia a Geroch.

Remarco este trabajo, cuyo título es "problemas insolubles", porque se trata de una producción dentro del ámbito de la física teórica. Este es en mi opinión el principal indicador de que la intratabilidad ya merece un serio análisis dentro del campo de la filosofía de la ciencia. En el lapso de 60 años hemos sutilmente pasado, por un lado, de la emergencia de la indecidibilidad en el dominio de la lógica matemática, a la demostración de notables teoremas de indecidibilidad dentro de la matemática, como es el caso del décimo problema de Hilbert resuelto por esta vía, y por otro lado, hemos pasado de la emergencia de la complejidad computacional a las primeras incursiones de estas cuestiones en el terreno de disciplinas empíricas con alto grado de abstracción.

Ejemplos como el de Geroch y muchos otros muestran que la indecidibilidad está golpeando las puertas de la actividad científica y que la intratabilidad está dentro del edificio ortodoxo de la ciencia, ocupando un lugar importante aunque haya pasado desapercibida en

gran medida. Si bien las analogías en la historia de la ciencia suelen ser peligrosas al momento de extraer inferencias con conclusiones de alcances similares, no puedo evitar asociar esta situación con una anécdota atribuida a Lord Kelvin en relación con la situación de la física hacia fines del siglo pasado. En cierta ocasión declaró que la física le parecía un conjunto perfectamente armónico y en lo esencial acabado; decía que no veía en el horizonte más que dos pequeñas nubes oscuras: el resultado negativo del experimento de Michelson y Morley, y la catástrofe ultravioleta. Sucede que estas dos pequeñas nubes sólo se disiparon con la construcción de la teoría de la relatividad y la teoría de los cuantos. Podríamos estar tentados en pensar que la intratabilidad y la indecidibilidad son sólo dos pequeñas nubes oscuras en el firmamento de los problemas científicos. Pero en realidad ya no parecen ser tan pequeñas, y aunque debemos reconocer que no sabemos hacer todavía buenas predicciones sobre la evolución del concepto de problema ni su destino en relación con las limitaciones internas de los formalismos, los avances realizados en relación con la estructura de numerosos problemas, las clases de equivalencia encontradas, los mecanismos para comparaciones eficaces y el hallazgo de ciertos problemas arquetípicos, obligan ya a una revisión considerable de las relaciones entre metodología y heurísticas e invitan a ejercicios de taxonomías que sirvan de base para una mejor comprensión del concepto.

Nota: Este trabajo forma parte de un proyecto subsidiado por Secyt-U.N.C., CONICOR y FONCYT.

Bibliografía

- Davis M.: *Computability and Unsolvability*, Dover P. Co., N. York, 1982.
- Garey M., Johnson D.: *Computers and Intractability*, Freeman and Co. N. York, 1979.
- Harel D.: *Algorithmics*, 2da ed., Addison Wesley, Reading, Mass., 1992.
- Hopcroft J., Ullman J.: *Introduction to automata theory, languages, and computation*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1979.
- Lauriere J.: *Problem solving and artificial intelligence*, Prentice Hall, N. York, 1989.
- Lewis H., Papadimitriou C.: *Elements of the theory of computation*, 2da Ed. Prentice Hall, N. Jersey, 1998.
- Mandrioli D., Ghezzi C.: *Theoretical foundations of computer science*, J. Wiley and Sons, N. York, 1987.
- Motwani R., Raghavan P.: *Randomized algorithms*, Cambridge UP 1995.
- Rogers H., Jr.: *Theory of recursive functions and effective computability*, The MIT Press, 1992.
- Taylor R.G.: *Models of Computation and formal languages*, Oxford U.P. 1998.
- Van Leewen J., (Ed.): *Handbook of theoretical computer science, Vol. A. Algorithms and complexity*, The MIT Press, Cambridge, 1990.