

Alcances de la noción de resolución de problemas: el caso del descubrimiento científico

Pío García / Hernán Severgnini***

“En el campo de la observación, la casualidad favorece sólo a las mentes preparadas.” (Pasteur)

“Un gran descubrimiento resuelve un gran problema, pero en la solución de todo problema, hay un cierto descubrimiento.” (Pólya)

1. Introducción

Abordar a la ciencia como una actividad en donde principalmente se resuelven problemas ha sido una perspectiva adoptada por algunos filósofos de la ciencia aunque desde supuestos y objetivos distintos. Stephen Toulmin, Larry Laudan, Karl Popper y Thomas Kuhn, por nombrar sólo los más conocidos, han adoptado esta perspectiva con la finalidad de dar cuenta de problemáticas tales como la del cambio teórico o la racionalidad científica. Si bien lo que denominamos “resolución de problemas” (RP) ha sido usado de diferentes maneras, ha sido vista, en la mayoría de estas aproximaciones, como una metáfora,¹ más o menos literal, que permitiría abordar con algunas ventajas, ya sean descriptivas o epistemológicas, cuestiones clásicas de la filosofía de la ciencia. Sin embargo, si tomamos en consideración las posiciones de los filósofos que hemos nombrado más arriba, nos encontramos con que el descubrimiento científico no aparece, al menos de manera clara, como un contexto que pueda ser iluminado por esta metáfora. Esta visión contrasta con la de otros filósofos de la ciencia que han intentado abordar el contexto de descubrimiento a través de la metáfora de RP. Entre estos filósofos hay un grupo bien diferenciado, representado por Scott Kleiner, Alvin Goldman y Herbert Simon, entre otros, el cual ha tomado, principalmente, las sugerencias de la psicología cognitiva y de la inteligencia artificial clásica (IA). Este contraste nos lleva a preguntarnos por las razones de esta diferencia en cuanto al uso de la noción de RP. Una posibilidad es que dichas diferencias puedan atribuirse casi exclusivamente a una diversidad de intereses, con lo cual el problema quedaría reducido a una mera cuestión de hecho.² Otra alternativa es que haya elementos particulares y, en cierto modo, incompatibles que cada una de estas aproximaciones rescate de la metáfora de RP. Si esta última opción fuese la más adecuada, entonces cabría esperar que en la noción de ‘problema’ o en la manera en la cual se caracteriza a la actividad de RP esté la clave para comprender las razones de esta oposición. En relación con este punto, en un trabajo anterior hemos presentado a la noción de restricción como central para la concepción kuhniana de RP. En el presente trabajo propondremos que este resultado puede generalizarse para la mayoría de los filósofos de la ciencia que han hecho especial hincapié en las ventajas que tendría adoptar una perspectiva de RP para la evaluación de teorías. Si este resultado fuese

* Secretaría de Ciencia y Técnica, Universidad Nacional de Córdoba.

** Universidad Nacional de Córdoba. CONICET

correcto, entonces, ¿podríamos atribuirle a la noción de problema entendida como restricción, las diferencias entre quienes utilizan la metáfora de RP para abordar el descubrimiento y los que por el contrario la usan para evaluar teorías? Esta intuición parece estar favorecida por la aparente incompatibilidad o al menos las dificultades para conciliar conceptos en principio opuestos como los de descubrimiento y restricción.

De esta manera, en el presente trabajo realizaremos una primera aproximación a esta cuestión indagando en la caracterización de 'problema' que cada una de estas perspectivas ha presentado, especialmente en relación con el contexto de descubrimiento. Esta discusión, que presentaremos con el auxilio de algunos casos históricos, puede ayudar a comprender las verdaderas razones, a nuestro juicio, de la oposición que hemos planteado más arriba. Los casos que presentaremos de manera muy esquemática son, por un lado, el descubrimiento realizado por Louis Pasteur al relacionar las propiedades de una sustancia con la orientación de sus cristales y, por otro lado, la obtención del mecanismo del ciclo de la urea realizada por Hans Krebs. El primer caso es un descubrimiento en el sentido clásico, mientras que el segundo puede ser visto como una aplicación, en principio exitosa, de la analogía de RP, en tanto ha sido analizado desde esta perspectiva y simulado por varios programas computacionales. Aunque estas últimas afirmaciones pueden llegar a ser, como veremos, cuestionadas.

Evidentemente hay muchos elementos de contacto entre estas maneras de ver a la metáfora de RP que hemos presentado más arriba, sin embargo a los fines de este trabajo subrayaremos más las diferencias que las semejanzas, en orden lograr que las características distintivas de estas dos perspectivas aparezcan con más fuerza.

2. Resolución de problemas y filosofía de la ciencia: una primera interpretación de la metáfora

Si bien en principio no parece haber demasiadas similitudes entre los filósofos de la ciencia que utilizan la noción de RP, puesto que hacen uso de categorías y clasificaciones distintas, no obstante hay, como decíamos más arriba, algunos de ellos que tienen preocupaciones y perspectivas comunes. Esto se nota especialmente en las motivaciones que evidencian en sus propuestas. Así para Stephen Toulmin [1972] y para Larry Laudan [1977] la metáfora de RP tiene la ventaja de rescatar una pintura racional de la actividad científica a pesar de tomar en serio la idea de cambio revolucionario. De manera similar para Hattiangadi³ la RP es una buena aproximación para evitar la paradoja de buscar un conocimiento que no puede alcanzarse.⁴ Así como Laudan, este último autor piensa que la RP, a diferencia de algunas propuestas clásicas, plantea objetivos "inmanentes y alcanzables para la ciencia".⁵ A partir de estas motivaciones puede verse claramente que el objetivo principal en estos autores es presentar a la ciencia como una actividad que evidencia progreso. Pero, ¿qué serían exactamente los problemas desde este enfoque? En la exposición que estos filósofos hacen sobre el tema, encontramos una idea sucinta de cómo surgen los problemas, para luego presentar algunas clasificaciones; esta estrategia funcionaría como una caracterización que intenta responder a la pregunta por lo que los problemas son. Así, por ejemplo, para Toulmin los problemas surgen cuando hay una discrepancia o inadecuación entre nuestros "ideales intelectuales o explicativos" y nuestras "capacidades presentes." El progreso está motivado y se muestra en la consecución de los ideales intelectuales. Esto además muestra que la solución de problemas tiene como objetivo principal incrementar el poder explicativo de la

ciencia Pero fundamentalmente muestra, de acuerdo con Toulmin, que es esperable que, bajo la influencia de los "ideales explicativos," los problemas sean solucionados. De manera similar Laudan plantea que los problemas pueden surgir ante la "necesidad de explicar" algún evento "extraño"⁶ o ante situaciones que involucren "inconsistencia," "vaguez," "circularidad" u otros problemas llamados "internos"⁷ Esta presentación tan general de la metáfora de RP permite la inclusión de casos clásicos de descubrimiento dentro de la metáfora de RP. Así, por ejemplo, el descubrimiento de las diferentes propiedades de una misma sustancia, en cuanto a la desviación de la luz polarizada, realizado por Pasteur a mediados del siglo XIX podría ser visto como un problema, en este caso "empírico," si seguimos la clasificación propuesta por Laudan. El problema puede formularse de la siguiente manera. una misma sustancia, es decir, una única composición química a nivel molecular, poseía no obstante distintas propiedades. Veamos un poco más en detalle como es esto. En el siglo XIX, el químico Eilhard Mitscherlich, había notado que una sal de ácido racémico⁸ que se formaba en los barriles de vino durante la fermentación del mosto⁹ era casi idéntica a la sal de ácido tartárico que también se forma en los cascos de vino. Sin embargo, la sal de ácido tartárico es ópticamente activa, mientras que la de ácido racémico no lo es.¹⁰ Se sabía que ciertas sustancias eran ópticamente activas, i. e., que podían rotar la luz polarizada cuando se la hacía pasar por sus cristales, pero no se sabía por qué ocurría esto.¹¹ Además ya se habían clasificado sustancias levóginas y dextróginas, ya sea que hicieran girar la luz hacia la izquierda o hacia la derecha. Pasteur observó al microscopio que el ácido racémico, el ópticamente pasivo, estaba compuesto por dos clases de cristales, cuyas estructuras se vinculaban especularmente una respecto de otra. Con pinzas separó los cristales bajo el microscopio en sus dos clases, la misma cantidad para cada lado; disolvió las dos muestras por separado en agua, y pasó luz polarizada por ambas soluciones, y descubrió que ambas sustancias eran ópticamente activas, pero una dextrógira y la otra levógira.

¿Qué se puede decir de este caso desde la metáfora de RP, además de que es un problema 'empírico'? Hay varias clasificaciones, especialmente de las propuestas por Laudan, dentro de las cuales podría incluirse este caso, v. gr. anomalía empírica,¹² o si atendemos al 'peso' del problema, podríamos hablar de 'inflación' —en el sentido de crecimiento en importancia de un problema— en este caso por su 'solución.' Sin embargo en este punto nos interesa destacar otro elemento de la noción de RP, a nuestro juicio, más importante tanto por su centralidad como por su generalidad y que ya aparece sugerido en la obra de Toulmin; a saber el acento en la expectativa de que los problemas sean 'solucionables.' Si bien Laudan no comparte en nada el acento de Toulmin en la explicación, sí subraya la preeminencia de los problemas 'solucionables.' Esta misma intuición había sido presentada por Thomas Kuhn al caracterizar a la "ciencia normal." De acuerdo con Kuhn esta característica de los problemas provendría de varias fuentes. En primer lugar de que la restricción de la actividad de RP sería la resultante de que funciona "dentro de un armazón"¹³ Es bien conocida la forma en la cual esta restricción es descrita por Kuhn: como "dogma,"¹⁴ "tradicción"¹⁵ y más comúnmente a través de las nociones de "paradigma" y "matriz disciplinar." Es más, la noción de RP para ciencia normal impone, además, la especificación de la "naturaleza de las soluciones aceptables y los pasos necesarios para alcanzarlas."¹⁶

De esta manera la concepción de que la actividad científica cuando es vista como una actividad de RP se mueve en un campo con límites más bien claros puede ser considerada no sólo como común, sino como un rasgo distintivo de la noción misma de RP, al menos

dentro de los autores que hemos mencionado. Dicho rasgo podría ser, en principio, destacado en el caso de Pasteur, subrayando el papel del conocimiento previo o básico que estaba presupuesto en su investigación. Desde este punto de vista la estructura básica de este problema podría resumirse de la siguiente manera:

- a) una sustancia sólo tiene una única estructura molecular;
- b) una sustancia tiene propiedades únicas, atribuibles a toda la sustancia y a cada una de sus unidades de análisis, i.e., a sus moléculas. Si una sustancia es ópticamente pasiva, cada una de sus moléculas lo es.
- c) de a) y b) se sigue que, si una sustancia tiene la propiedad "A", v. gr., es ópticamente pasiva, todas sus moléculas tienen esta propiedad, y ello *debe explicarse* a partir de su *única estructura molecular*.
- d) *Por lo tanto, si una sustancia es ópticamente pasiva, no es ni dextrógira ni levógira, y si es dextrógira, no es ni pasiva ni levógira, y si es levógira, no es pasiva ni dextrógira.*

Si una sustancia, con la misma estructura molecular (presupuesto a) tiene en distintos casos, diferentes propiedades según las muestras (lo contrario del presupuesto b), entonces se trata de dos sustancias diferentes (lo contrario del presupuesto a). Para no caer en la contradicción, es necesario afirmar que si una sustancia tiene la misma composición química no implica que sea una única sustancia: pueden ser dos, debido a la posibilidad de que sus moléculas sean dextrógiras o levógiras, según el ordenamiento de sus moléculas. Esta es una afirmación que expande y contradice la suposición a, y descubre una nueva característica de la taxonomía ya conocida para las sustancias dextrógiras y levógiras, pero ahora aplicadas a sustancias de la misma composición química, lo contrario a la suposición d). Justamente este quiebre con el conocimiento anterior parece el elemento que sugiere la presentación de este caso como un descubrimiento. Pero, en tanto descubrimiento, parece violar la noción fuerte de actividad restringida que constituía, de acuerdo con nuestra propuesta interpretativa preliminar, uno de los elementos claves de la caracterización de RP. Esta es otra manera de decir que las ideas intuitivas de descubrimiento y actividad restringida aparecen como opuestas y, en principio, difícilmente compatibles. Es más, toda la fuerza de la noción de actividad restringida parece revelarse en la afirmación de Laudan de que un "problema sólo es genuino en tanto está resuelto"¹⁷ Formulado de esta manera, este enunciado no parece dejar lugar para algo como el descubrimiento científico, por la connotación de novedad asociada a éste. Si así fuese, este resultado particular ¿estaría originado en la noción de 'problema,' como sugeríamos en nuestra introducción, o en las consecuencias de asociar esta noción con la más exigente de actividad restringida? Analicemos brevemente la tradición filosófica que ha hecho uso de la noción de RP para el descubrimiento, para encontrar allí contrastes que nos ayuden a explicitar los supuestos de nuestro conflicto. A los fines de lograr la mayor claridad y brevedad posible nos concentraremos en uno de los investigadores más representativos e influyentes de esta perspectiva: Herbert Simon.

3. Descubrimiento científico y resolución de problemas: otra perspectiva de la metáfora

Simon ha presentado la manera en la cual entiende el descubrimiento científico en diversas obras. Su síntesis más conocida es que "el descubrimiento es un proceso normal de resolución de problemas."¹⁸ La manera en la cual debemos entender esta relación entre descubrimiento y RP puede enunciarse a través de algunos "principios," en tanto dichos "princi-

pios,” según lo sugiere el propio Simon, permitirían comprender la noción misma de RP.¹⁹ El primero y probablemente el más característico de los principios es que “la mayor parte de la actividad de resolución de problemas involucra búsqueda selectiva [heurísticas] a través de grandes espacios de posibilidades”²⁰ La calificación de “selectiva” que recibe el tipo de búsqueda característico de la actividad de RP permite ya vislumbrar que hay una concepción de dicha actividad en términos similares a los que presentábamos más arriba. Esto aparece con mayor claridad en la caracterización de conceptos como los de estructura de un problema y su representación. El primero de estos conceptos suele caracterizarse por la especificación de un estado inicial, un objetivo y estados intermedios. Representar un problema en estos términos “impone restricciones sobre el fenómeno” y así, permite que la actividad de resolución de problemas se lleve a cabo.²¹ Por último un elemento que Simon destaca en varios de sus escritos es la diferencia entre el experto y el novato en la resolución de problemas. Dicha diferencia se explicaría, entre otras cosas, por el “conocimiento específico del dominio que está guardado en la memoria en la forma de producciones, es decir de acciones (A) apareadas con condiciones (C)”²² Esto explicaría, además, fenómenos sindicados como de ‘comprensión repentina’ (*insight*) en términos de ‘reconocimiento.’ Esta apelación a la memoria subraya desde otra perspectiva la relevancia que da Simon al conocimiento previo en la actividad de RP. Un ejemplo clásico abordado desde esta perspectiva es el análisis del descubrimiento del ciclo de la urea realizado por Hans Krebs.

Este problema puede ser visto como una tarea genérica clásica del campo de la química la cual consiste en encontrar los productos intermedios a partir de productos iniciales y finales ya conocidos. En las primeras décadas del siglo XX, Hans Krebs se abocó a la solución del problema de cómo la urea era sintetizada en los mamíferos a partir de la descomposición de proteínas, problema que había sido investigado durante algunos años sin demasiado éxito.²³ Luego de varios meses de investigación y experimentación Krebs tuvo éxito en la obtención del mecanismo básico de la síntesis de la urea. Fue un descubrimiento reconocido tanto por el resultado —fue el primer ciclo bioquímico— como por las dificultades técnicas involucradas en la solución del problema —el método de cortar en ‘rebanadas’ las muestras. El análisis que se ha hecho de este caso desde la perspectiva de RP ha subrayado muy especialmente las estrategias que utilizó Krebs para solucionar este problema, entre estas estrategias hay una preeminencia muy importante de heurísticas con conocimiento de dominio. Esto puede verse en el programa KEKADA, simulación computacional implementada por un discípulo de Simon,²⁴ el cual cuenta con 64 heurísticas, la mayor parte de las cuales son específicas del dominio de la química.

Los elementos presentados arriba como característicos de la concepción de RP de Simon parecen favorecer la inclusión de una concepción, en algún sentido similar, a la que señalábamos como característica de filósofos como Laudan. Pero, entonces, la diferencia entre estas dos maneras de entender a la noción de RP no sería atribuible, en principio, a la concepción de la actividad científica como una actividad restringida.

4. Conclusiones

Hemos presentado dos formas de utilizar la metáfora de RP, diferenciadas en la manera de tratar al descubrimiento científico, preguntándonos por las fuentes de esta disparidad. Propusimos como una primera hipótesis que tales diferencias podrían rastrearse en la manera de entender los problemas; en particular planteábamos que la noción de “actividad restrin-

gida," central para esta manera de entender la metáfora de RP, parecía difícilmente compatible con algunas de las características asociadas al descubrimiento. Si esta hipótesis fuese correcta cabría esperar que la caracterización de problema que presenta la perspectiva de RP que aborda el descubrimiento, no implique entender la actividad científica como fuertemente restringida. Sin embargo una breve indagación del trabajo de Simon parece mostrar lo contrario. Así, ni la noción de problema ni la más fuerte de restricción parecen ser una diferencia entre estas aproximaciones a la metáfora de RP.

Sin embargo esta conclusión preliminar tiene serias dificultades, de las cuales la principal es que si bien la noción de actividad restringida o de problema solucionable parece no ser una diferencia relevante para los abordajes al descubrimiento desde la metáfora de RP, no obstante queda por explicar si la versión más fuerte de la idea de restricción presentada por Laudan constituye un obstáculo insalvable para caracterizar el descubrimiento. Tal versión se formulaba diciendo que sólo un problema solucionado contaba como un problema "genuino."

Laudan presenta a los problemas no resueltos como distintos de las anomalías. Estas últimas surgen cuando tenemos un problema no resuelto por una teoría, pero resuelto por otra teoría rival. A su vez estas anomalías pueden ser refutativas –en tanto requieran alguna revisión de la teoría de la cual son anomalías– o no refutativas –en tanto no contradicen la teoría, pero constituyen un desafío explicativo para ella, puesto que hay otra que sí lo soluciona. Esta es la clase de problemas genuinos, los solucionados por alguna teoría –aunque más no sea rival. Pero, desde esta perspectiva, los problemas planteados por Pasteur y Krebs no son genuinos, no estaban solucionados por ninguna otra teoría y justamente por eso fueron descubrimientos. Las razones que presenta Laudan para no otorgarle el carácter de genuino a estos problemas son atendibles. Un problema no resuelto tiene un carácter tan vago e impreciso que, en ocasiones, puede ser tal por no haber sido formulado con claridad. Así, según Laudan, puede que, formulado convenientemente, dicho problema desaparezca o que permita su solución inmediata. Las fuentes de tal imprecisión pueden ser variadas: "muchos resultados experimentales son difíciles de reproducir... los sistemas físicos son imposibles de aislar... los instrumentos de medida son frecuentemente no confiables."²⁵ o puede ocurrir "que no sea claro a qué dominio de la ciencia [ese problema] pertenece."²⁶ Y efectivamente en estos casos históricos hay varios elementos que indican que había una seria controversia por el valor de los supuestos en juego. Valga como ejemplo la disputa de fondo que existía en el caso de Krebs por el valor real del método de cortar en rebanadas las muestras para estudiar fenómenos bioquímicos. Reconocidos investigadores de la época y el propio inventor del método mostraban su escepticismo hacia los eventuales resultados que obtuviese Krebs. Pero, justamente de esto se trata el descubrimiento y es allí en donde se reconoce gran parte de los méritos de los investigadores.

La caracterización de un problema como genuino, de esta manera, viene a resultar de un fuerte acento en la noción de "peso epistémico," el cual por cierto es importante para la comparación entre teorías, pero si lo que queremos es abordar el descubrimiento, entonces problemas no genuinos, como aquellos que no son solucionados por ninguna teoría, surgen como relevantes.²⁷

Una cuestión que no hemos abordado explícitamente es la relación entre descubrimiento científico y actividad restringida más allá su pertinencia para la distinción entre las maneras de abordar a la RP. Si bien dicha relación no ha sido el tema central de este trabajo, no

obstante, a partir del breve análisis que hemos hecho de los casos históricos, aparece como plausible sugerir que la idea de actividad restringida no sólo no es obstáculo para el descubrimiento, sino que el análisis de ejemplos históricos como descubrimientos se ve beneficiado por esta perspectiva. En particular la 'sorpresa' ante la violación de las expectativas representadas por el conocimiento previo y que favorece la focalización en el fenómeno anómalo, surge como el elemento más relevante para apoyar esta sugerencia. Y si bien esta parece una enunciación de la clásica noción de 'anomalía,' su reconstrucción en términos de heurísticas permite subrayar el papel de las estrategias en el descubrimiento. De cualquier manera una indagación futura acerca de la cuestión que estamos tratando parece exigir que se distingan casos como los que presentamos aquí, con una fuerte impronta experimental, de aquellos en donde otros factores entren en juego. Además parece necesario precisar la caracterización de restricción para que sea una noción que involucre algo más que una apelación a límites generales. Una noción más adecuada de RP aplicable al contexto descubrimiento debería tener como desafío la clarificación de cuestiones de este tipo.

Notas

¹ Nuestro uso del término no es técnico. A los fines de este trabajo también podría hablarse de 'analogía' de RP. Y si bien este uso no parece el más adecuado para algunas versiones que presentaremos, como la de Herbert Simón, no obstante nos permite una visión general.

² Con esta afirmación queremos subrayar sólo que no habría una oposición 'sustantiva' entre estas aproximaciones.

³ Cf. Giunti (1988).

⁴ Esto es lo que Hattiangadi denomina "problema popperiano del conocimiento."

⁵ Cf. Giunti (1988), Laudan (1977), y Hacking (1985). Los críticos de este tipo de posición se han focalizado principalmente en la alternativa real que esta posición representa con respecto a la epistemología tradicional. De esta manera se preguntan si realmente pueden estos autores evitar, como pretenden, la apelación a la explicación o al realismo para dar cuenta de la actividad científica, o al menos de lo más característico de ella.

⁶ Situación típica de problemas empíricos. Sin embargo para una caracterización más acabada de 'problema empírico' en Laudan, que no lo intentamos aquí, faltaría referirse al ámbito de donde surgen estos problemas: "cualquier cosa del mundo natural" (cfr. Laudan, L. (1977), pág. 15).

⁷ Son en general, las condiciones para el surgimiento de los problemas "conceptuales." Laudan, L. (1977) pp. 45ss.

⁸ La sal que se obtenía de tratar el ácido racémico con sodio y amoníaco.

⁹ Por eso se llama "racémico," del latín *racemus* -racimo.

¹⁰ "Ópticamente activa" quiere decir que es una sustancia que puede torcer o rotar el plano de la luz polarizada, o sea, luz que ha sido "filtrada" para dejar pasar sólo los rayos que vibran en un mismo plano.

¹¹ Incluso podía medirse el ángulo de rotación que infligían estos cristales sobre la luz polarizada con un instrumento llamado "polarímetro."

¹² No es claro, como veremos más adelante si es una anomalía refutativa o no refutativa.

¹³ Kuhn, T. (1970), p. 242ss.

¹⁴ Kuhn, T. (1963).

¹⁵ Kuhn, T. (1982), pp. 227, 232.

¹⁶ Kuhn, T. (1989), pág. 73. Inclusive esta visión podría ser de alguna manera rescatada de la caracterización que hace Karl Popper de la ciencia como RP. Si bien Popper dice en varias oportunidades que la "discusión científica comienza con problemas" y no con "soluciones o teorías," no obstante reconoce que siempre hay una primacía de la teoría, en tanto ésta última da cuenta del surgimiento de los problemas.

¹⁷ Laudan, L. (1977), pág. 18.

¹⁸ Simón, H. (1992).

¹⁹ En realidad en diversos artículos Simon ha subrayado diferentes aspectos de esta relación entre descubrimiento y resolución de problemas, pero esta síntesis que presentamos aquí a partir de un artículo relativamente tardío contiene los elementos básicos de su concepción.

²⁰ Simon, H (1992), p. 6.

²¹ La centralidad que Simon le ha dado al análisis medio-fin permite subrayar esta posición

²² Simon, H. (1992), p. 7-

²³ Kulkarni, D. y Simon, H (1988), pág. 359

²⁴ Deepak Kulkarni

²⁵ Laudan, L. (1977), pág. 18

²⁶ Laudan, L (1977), pág. 19 Laudan sostiene que de todo esto no se sigue que los problemas no resueltos no sean importantes para la ciencia, sino que la no resolución de un problema no tiene peso epistémico en contra de dicha teoría. Aquí se ve claramente cual es el punto que desea establecer El descubrimiento no es un problema.

²⁷ Especialmente si lo que queremos subrayar es la diferencia con el conocimiento previo.

Bibliografía

Giunti, M (1988) "Hattingadi's Theory of Scientific Problems and the Structure of Standard Epistemologies" *Brit J. Phil Sci* 39, 421-439.

Hacking, I (comp) [1985] *Revoluciones Científicas*. Fondo de Cultura Económica

Kulkarni, D., & Simon, H A (1990) "Experimentation in machine discovery" En J Shrager and P Langley (1990). Chap 9

Kulkarni, D; Simon, H (1988) "The process of scientific discovery. The strategy of experimentation". *Cognitive Science* 12. 139-175

Kuhn, T [1982] *La tensión esencial*. México. Fondo de Cultura Económica.

Kuhn, T (1963) "The Function of Dogma in Scientific Research". En A Crombie (rec.), *Scientific Change*, Heinemann, 347-369.

Kuhn, T (1970). "Reflections on My Critics" En I Lakatos y A. Musgrave, *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge Univ. Press, 1-20

Kuhn, T. [1989]. "¿Qué son las Revoluciones Científicas?" En Kuhn, *¿Qué son las Revoluciones Científicas? Y otros ensayos*. Barcelona. Paidós, 55-93

Laudan, L. (1977). *Progress and its Problems*. University of California Press.

Shrager, J., and Langley, P (eds.) (1990). *Computational models of scientific discovery and theory formation*. San Mateo (Ca.). Morgan Kaufmann

Simon, H (1992). "Scientific Discovery as Problem Solving". *International Studies in the Philosophy of Science*, Vol. 6, 1