

## Ciencia, tecnología e innovación: Métodos y resortes de la creatividad<sup>1</sup>

Dr. Rolando V. Jiménez Domínguez  
Dr. Onofre Rojo Asenjo  
CIECAS-IPN, México, D. F.  
[rolandoj@prodigy.net.mx](mailto:rolandoj@prodigy.net.mx)

### Resumen

Se presentan en este trabajo algunas reflexiones sobre las similitudes y diferencias que existen entre los métodos de la ciencia y los de la tecnología, a partir de las nociones corrientemente aceptadas de Ciencia y de Tecnología, que se definen aquí. Siendo campos del saber humano, están sujetos para su desarrollo a la lógica y racionalidad del hombre, a pesar de que, por lo menos en sus acepciones originales, tienen propósitos distintos. Pero son precisamente estas características, ser campos del saber humano y tener objetivos distintos en principio, las que hacen surgir similitudes y diferencias en los métodos que aplican. Se incluye en estas consideraciones el caso de la innovación tecnológica, que al repercutir enormemente en las economías de las sociedades, lo hace también en la ciencia, en la tecnología y en sus métodos, y aún en su base epistemológica, dada la relación dialéctica que existe entre tecnociencia y sociedad. Finalmente, además de las diferencias metodológicas se consideran las diferencias que surgen como resultado de procesos discursivos diferentes, pues la tecnología procede por lo general apoyándose más en la heurística y en los algoritmos. Esto nos introduce en la consideración de los mecanismos o aspectos que están en la base de la creatividad, donde sin duda juegan un papel fundamental elementos no fácilmente susceptibles de análisis objetivo, que involucran aspectos del psicologismo individual.

**Palabras claves:** Ciencia, tecnología e innovación; método científico; lógica de la C/T; creatividad.

---

<sup>1</sup> Ponencia presentada en el Segundo Congreso Internacional de Metodología de la Ciencia y de la Investigación para la Educación. México, D. F. 2006.

## **Abstract**

Some reflections are presented here about the similarities and differences that exist between the methods of the science and those of the technology, assuming for science and technology the currently accepted notions, which are defined in this work. As fields of the human knowledge, both science and technology develop in a manner that is subjected to man's logic and rationality, even if they have different purposes at least in their original statements. Those characteristics are at the base of the similarities and differences which are observed in the methods they apply. We also include in this discussion the case of technological innovation, which due to its strong influence on the economy affects not only the scientific and technological developments, but in the same way their methods and even their epistemological basis, and this is so because there exist a dialectic relationship between science, technology and society. In the last part, aside of methodological differences, we consider those aspects related to the discursive process that characterizes science and technology, since the latter makes a wider use of heuristic and algorithmic procedures. This leads us to consider the mechanisms and structures involved in the creative process, where a fundamental roll is played by elements not easily seen as a matter of objective analysis, which have to do with some aspects of the individual psychology.

**Key words:** Science, technology and innovation; scientific method; rational discourse; logic of science and technology; creativity.

## **Introducción.**

En el presente trabajo se aborda el problema del método de la ciencia y la creatividad científica, y sus correspondientes contrapartes en la tecnología y en la innovación.

No se pretende llegar a visiones definitivas o soluciones de situaciones tan complejas, pero sí plantear algunas cuestiones relativas a los mecanismos que permiten ampliar el conocimiento humano, y quizá también dar cuenta del grado de complejidad de los asuntos involucrados.

## **Ciencia.**

La Ciencia es concebida de manera diferente por diferentes autores. En este sentido no es posible dar una definición de ella que satisfaga a todos. Pero sí es posible encontrarle características en las que todos estaríamos de acuerdo, y formarnos una idea bastante congruente acerca de lo que esencialmente entendemos cuando nos referimos a esa creación del ser humano. Un supuesto fundamental de la ciencia es que el universo es un lugar en donde prima la regularidad, es decir, es sistemático y ordenado, y esa regularidad es analizable racionalmente, lo que nos permite encontrar leyes que expresan el orden y la regularidad observados [Stableford, 1985; Cornwell, 1997]. Esto no tendría necesariamente que ser así, pero el hecho de que lo sea ha llamado la atención de algunos pensadores que se maravillan de lo racional que parece ser en algunos aspectos de nuestra cotidianidad el universo. El mismo Einstein se asombraba de lo adecuado que son las matemáticas para su descripción [Barrow, 1997].

De manera simple y general podríamos considerar que la ciencia es un cuerpo de conocimiento organizado y sistematizado acerca del Universo, incluidos nosotros mismos; este cuerpo de conocimiento constituye un sistema lógicamente estructurado de conceptos y enunciados verdaderos, es decir, no contradictorios y aceptados por la comunidad científica.

En la discusión que sigue damos por sentado que se conoce bien lo que es la ciencia, cómo procede y las características del método científico, que en forma resumida y muy limitada podríamos, siguiendo muchos textos de metodología, esquematizar de la siguiente manera:

- 1.- Encontrar una pregunta interesante o digna de ser contestada.
- 2.- Definir un problema, plantearlo de manera precisa y acotada, así como los objetivos y alcances de la investigación.
- 3.- Formular una o varias hipótesis (central, auxiliares).
- 4.- Someter a prueba las hipótesis.
- 5.- Comprobar los resultados.
- 6.- Comunicar los resultados.

Por supuesto, hay más cosas en el método que lo anteriormente mencionado, pero para los propósitos de establecer algunas diferencias metodológicas con la tecnología es suficiente considerar esos aspectos, sobre los cuales volveremos en el apartado siguiente.

### **Tecnología.**

Hemos visto la enorme transformación que ha experimentado la tecnología en el siglo XX, al grado de que hasta el término mismo *tecnología* ha evolucionado para designar algo muy distinto de lo que implicaba en el siglo XIX. En la literatura de los siglos XVIII y XIX, la tecnología se entendía en un sentido más o menos definido para denotar “las artes prácticas”, “el estudio o el conjunto de las artes prácticas”; la mayoría de la gente entendía, al oír la palabra *tecnología*, las máquinas, las herramientas, las fábricas, la industria, la artesanía y la ingeniería. No se preocupaba en absoluto por la *tecnología* como un fenómeno diferenciado [Winner, 1979; Williams, 2000]. En el siglo XX, en cambio, la palabra *tecnología* adquiere un sentido totalmente distinto, tanto denotativo como connotativo; se usa para designar un conjunto increíblemente variado de fenómenos: “herramientas, instrumentos, máquinas, organizaciones, métodos, técnicas, sistemas, y la totalidad de todas estas cosas y otras similares en nuestra experiencia” [Winner, 1979]. Las definiciones actuales del término van desde las muy simples como “tecnología es lo que hay que saber para hacer”, hasta las muy generales como “la totalidad de medios empleados por un pueblo para proveerse de los objetos materiales de su cultura”, pasando por otras más operativas como la adoptada por Ziman [1999]: “el conjunto de técnicas, conocimientos, procesos y equipo necesarios para generar bienes y servicios”. Aún la más general de estas tres definiciones parece muy estrecha, pues en la actualidad la palabra tecnología implica mucho más que los objetos materiales de la cultura. Cuando en los tiempos actuales se habla de las neurotecnologías,

se puede estar haciendo alusión a la posibilidad de alterar los estados psicológicos o mentales de una persona.

Por su parte, Bunge [1999] dice que tecnología es un conjunto de conocimientos que cumple con los siguientes dos requisitos: (1) es compatible con la ciencia y controlable mediante el método científico, y (2) se usa para controlar, transformar y crear objetos y/o procesos del mundo natural o social. En esta definición se incorporan los procesos como productos de la tecnología, y esto puede referirse a los servicios prestados por una agencia de la sociedad a los individuos o a otras entidades sociales o a los procesos neuronales en una persona. Los que identifican la tecnología con la “ciencia Industrial” o la “ciencia aplicada” no verían claramente la razón de ser de esta última definición. Como puede verse, es muy difícil dar una definición convincente del término, por lo que debe procederse con cautela y evitar las interpretaciones simplistas. A veces pueden tomarse los términos *técnica* y *tecnología* como sinónimos; pero en otros contextos la palabra *técnica* tiene una connotación más amplia. Consideramos que es muy simplista la postura de considerar a la tecnología como “la técnica que se apoya en el conocimiento científico” (aunque quizá lo que se quiere significar es “la técnica que adopta y adapta los métodos de la ciencia”), pues en lo que se entiende por tecnología moderna abundan los ejemplos de tecnologías que no necesariamente se desarrollan sobre la base de conocimientos científicos sino que se apoyan en conocimientos simplemente empíricos, y aún en el ensayo y el error.

Para ilustrar este punto conviene recordar que mucho antes de que se entendiera científicamente el concepto de calor y se propusieran las primeras teorías sobre el mismo, que habrían de constituir la ciencia de la termodinámica, ya se estaban utilizando las máquinas de vapor en la industria, que cambiaron radicalmente los sistemas de producción y la vida de las sociedades en lo que conocemos como la primera Revolución Industrial. Más recientemente, el desarrollo de la industria aeroespacial ha sido posible gracias al enorme progreso en la tecnología de nuevos materiales, muchos de los cuales no son el producto de conocimientos científicos previos sino del ensayo y error, del conocimiento empírico, que también desempeñan un papel en el avance del conocimiento científico. Por estas razones, reducir el concepto de tecnología a una definición puede ser desorientador, sobre todo cuando se trabaja con la literatura traducida de otros idiomas.

Como afirma E. Mayz Vallenilla, un teórico de estos temas [Vallenilla, 1983], la tecnología no necesariamente depende de la ciencia sino que tiene su propia dinámica: “es autónoma y autárquica”, es decir, tiene sus propias leyes y su propio gobierno. Por consecuencia, tiene sus propios métodos o formas de proceder.

Además, como ya se ha dicho [Kranzberg y Davenport, 1978], la tecnología está en el centro de casi todas nuestras esperanzas y preocupaciones a futuro, ya se trate del deterioro ambiental, del cambio climático, de la alimentación o del aprovisionamiento de agua; la asociamos con nuestros deseos. La tecnología ocupa un lugar central en el mundo moderno, pues en cierta forma ha venido a ocupar el lugar que tenía la magia en la Edad Media. Pero es importante no dejarse avasallar por ella; decir **no** al determinismo tecnológico, esa situación en que el tipo de sociedad está determinado unívocamente por la tecnología. En una sociedad equilibrada se da una relación dialéctica entre la tecnología y la sociedad: se influyen mutuamente, pero ninguna determina totalmente a la otra. Que la tecnología influye sobre la sociedad es algo de lo que tenemos evidencia cotidiana; baste el ejemplo de las telecomunicaciones y la informática.

En el sentido inverso también encontramos argumentos claros: no todo lo que se inventa constituye una innovación económicamente redituable, ni toda innovación económicamente redituable se convierte en un producto socialmente aceptable. La sociedad también decide sobre la tecnología que utiliza, por lo menos en el caso de las sociedades informadas y maduras.

Volviendo a la definición de tecnología podríamos adoptar aquí la propuesta por Bunge, entendiendo que cuando se alude a conocimientos compatibles con la ciencia y controlables mediante el método científico no necesariamente se habla de conocimientos ya establecidos en el terreno científico; podría tratarse muy bien de conocimientos empíricos que no entran en conflicto con la ciencia y que más adelante quizá puedan sustentarse con los argumentos científicos necesarios.

Siendo así, veamos cuáles podrían ser las diferencias metodológicas entre ciencia y tecnología. En primer lugar, consideramos el asunto de encontrar una pregunta o problema

de investigación. Nos preguntamos ¿cuáles son los móviles de un científico y cuáles los de un tecnólogo?

Aquí encontramos una primera diferencia: el científico, por lo menos en la visión tradicional, está primordialmente interesado por comprender el universo, ampliar el campo del conocimiento. El tecnólogo, por su parte, tiene una preocupación más inmediata: resolver un problema concreto de su entorno. Esto dará también una diferencia en la clase de problemas que cada uno se plantea y los objetivos que persigue: para uno es conocer; para el otro es transformar el entorno o resolver un problema específico. La prueba de hipótesis también marca diferencias, pues en la ciencia debe procederse con todo el rigor lógico y sólo cuando se han agotado todas las vías posibles se acepta una prueba. En la tecnología el rigor puede dejar paso al funcionamiento exitoso de la hipótesis para resolver el problema, aunque esta solución sea limitada y temporal, si por el momento no se dispone de otra mejor.

El criterio de verdad en la ciencia es que la hipótesis no pueda rebatirse ni presentar grietas o puntos débiles; en la tecnología lo es el que la solución o la hipótesis “funcione” o resuelva el problema, pues al tecnólogo le interesa más resolver un problema que analizar cómo se resolvió o entender porqué la solución funcionó. Otra diferencia la encontramos en la comunicación de resultados. Esto es básico en la ciencia, pues esa es la única manera de exponer a la crítica el nuevo conocimiento y si éste resiste todos los embates y cuestionamientos pasa a ser considerado una “verdad científica”.

En la tecnología, en cambio, esta comunicación de resultados no es importante, por lo menos de manera abierta y universal, si es que el problema ya se resolvió. En algunas ocasiones se busca exactamente lo contrario, no divulgar el resultado o la forma en que se obtuvo, pues ello puede poner en peligro la consecución de algunos de los objetivos originales de la investigación.

Deben tomarse en cuenta otras diferencias que se traducirán también en diferencias metodológicas. Por ejemplo, la información científica está por lo general disponible a todo aquél interesado en conseguirla. En cambio, la información tecnológica y su uso están a veces muy restringidos por las patentes o el secreto industrial.

Uno de las características más importantes del método tecnológico es transformar el conocimiento, científico o no, en reglas de operación. Pasa a segundo término la enunciación de leyes o teorías. De aquí que se diga que la tecnología es lo que debemos saber para hacer, el “saber cómo” (*know how*).

### **Innovación tecnológica.**

Por innovación tecnológica o simplemente innovación entenderemos “cualquier cambio positivo en un producto, proceso de producción, servicio u organización que se traduce en mejor calidad, eficiencia o desempeño”, que además va acompañado de las siguientes condiciones: es económicamente viable o ventajoso y es socialmente aceptable.

La innovación es parte de la tecnología y por lo tanto comparte con ella sus métodos, aunque en lo que respecta a sus motores va más allá, pues las repercusiones económicas y sociales juegan un papel todavía mayor en ellos.

Convencionalmente las innovaciones se dividen en dos tipos: las innovaciones radicales y las graduales o incrementales. Las primeras representan grandes discontinuidades en el conocimiento con la introducción de cambios totalmente novedosos en una rama de la tecnología. Por ejemplo, la invención del motor de combustión interna.

Las innovaciones incrementales no significan un salto tan abrupto sino que se producen mediante pequeños cambios o mejorías sobre un invento o desarrollo tecnológico previo. Pero curiosamente, son las innovaciones incrementales las que llegan a tener un mayor impacto en la economía debido a su efecto acumulativo. Tomemos por caso los discos fonográficos de acetato.

Su aparición en el mercado significó el nacimiento de varias industrias y cierto impacto económico, pero como resultado de múltiples innovaciones incrementales en las tecnologías de grabación, reproducción, materiales, electrónica, etc., acumuladas durante varias décadas, llegó a constituir una industria muchísimas veces mayor que las de los primeros años, hasta su total sustitución por la tecnología digital, que representó a su vez un gran salto tecnológico amplificado a su vez por las innovaciones incrementales que se han venido produciendo de manera incesante.



Todas estas consideraciones van encaminadas a poner en claro el papel que finalmente juegan la economía y la sociedad en el desarrollo de la innovación, la tecnología y en última instancia la ciencia actual.

Sin desconocer que uno de los motores del progreso científico es el afán de saber, vemos ahora que aún en el terreno científico uno de los resortes responsables del progreso es la sociedad y la economía, en una medida que no ha tenido precedente. Se ha acuñado el término tecnociencia [Echeverría, 2003] para designar a esa Ciencia productora de los grandes impactos económicos y sociales, la que requiere para su desarrollo grandes recursos tanto humanos como materiales.

Esto nos lleva a plantearnos una última pregunta en esta cadena de consideraciones: ¿cómo es afectada la creatividad del investigador científico, del tecnólogo, del innovador, cuando a la natural curiosidad humana le agregamos la necesidad y el incentivo económico? ¿Ha distorsionado esto el curso del desarrollo del conocimiento? ¿Está dejando de ser el Humano el eje del progreso tecnocientífico para dejarle su lugar a la Economía? O como pregunta Heilbroner [Kranzberg y Davenport, 1978] “¿Empezarán a hacer historia las máquinas?”.

Pero independientemente de los móviles, la creatividad humana es resultado de una búsqueda constante de respuestas. Esta búsqueda puede realizarse básicamente de tres formas: a ciegas, de manera heurística y de manera racional [Aris, Davis y Stuewer, 1995; Holton, 1988] .

Cuando es posible hacerlo de manera racional, tanto el científico como el tecnólogo prefieren esta forma. Si no se cuenta con todos los elementos de información para hacer una búsqueda racional, el tecnólogo no se detiene ante esa circunstancia y pone en práctica una búsqueda heurística, lo cual no significa que el científico no adopte en ocasiones una postura similar, pero para el tecnólogo esto es casi habitual. Entendemos por heurístico un procedimiento exploratorio que avanza paso a paso guiado por toda la información disponible y llenando los vacíos de información con conjeturas razonables basadas en la experiencia; en cada paso se evalúa el progreso alcanzado en función del resultado final que se persigue.

Existe una gran linealidad o secuencialidad en estos procedimientos y no es exagerado decir que es uno de los estilos cognitivos preferidos de los ingenieros. Como estos procedimientos no necesariamente garantizan el contenido de verdad de los enunciados que se van encontrando, no son muy fiables para el trabajo científico; y esto es otra de las diferencias que se encuentran en el discurso de la ciencia y el de la tecnología.

Estas diferencias no sólo son importantes para el estudio de sus métodos, sino también lo son para la enseñanza de las ciencias y de las ingenierías.

### **Comentario final.**

En los tiempos actuales la tecnología y la innovación tecnológica desempeñan un papel muy importante en el desarrollo de la sociedad, y merecen especial atención. México es un país que no puede darse el lujo de ignorar esto y resignarse simplemente a ser un receptor pasivo de los adelantos tecnológicos del mundo desarrollado. La batalla por la transformación de nuestro país se va a dar en varios frentes, y uno de ellos es el tecnológico. No es casual que los países del sudeste asiático (Corea del Sur, Singapur, Taiwán), junto con China y la India estén teniendo tasas altas de crecimiento económico. Son países que han entendido el papel que juega la tecnología en el desarrollo económico y la han impulsado de manera decidida y eficaz.

### **Referencias**

Aris, R., Davis, H. T., Stuewer, R. H. (1995); *Resortes de la Creatividad Científica*; Ed. Fondo de Cultura Económica, México.

Barrow, J. D. (1997); *¿Porqué el Mundo es Matemático?*; Ed. Grijalbo-Mondadori; Barcelona, España.

Bunge, M. (1976); *Tecnología y Filosofía*; Ediciones de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

Cornwell, J. (editor, 1997); *La Imaginación de la Naturaleza*; Editorial Universitaria, Santiago de Chile.

Echeverría, J. (2003); *La Revolución Tecnocientífica*; Ed. Fondo de Cultura Económica, España.

Holton, G. (1988); *La Imaginación Científica*; Ed. Fondo de Cultura Económica, México.

Kranzberg, M. y Davenport, W. H. (1978); *Tecnología y Cultura*; Ed. Gustavo Gili, Barcelona, España.

Mayz-Vallenilla, E. (1983); *Ratio Técnica*; Monte Avila Editores, Caracas, Venezuela.

Stableford, B. M. (1985); *Los Misterios de la Ciencia Contemporánea*; Ed. Fondo de Cultura Económica, México.

Winner, L. (1979); *Tecnología Autónoma*; Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España.

Ziman, D. (1999); *El Método en la Tecnología*; Ediciones El Colegio de Sinaloa, México.