

# LA ESTRUCTURA DE LAS REVOLUCIONES TECNOLÓGICAS

Dario Andrés Palminio  
e-mail: dariopalminio@hotmail.com  
<http://www.palminio.com.ar>

**RESUMEN:** *Este escrito no es una confrontación de ideas ni una crítica, es más bien un intento de consenso, unión o cohesión entre las ideas filosóficas de Thomas S. Kuhn y Ray Kurzweil sobre el progreso, en un caso de la ciencia y, en otro, de la tecnología. Se trata de contestar ¿qué estructura tiene la historia de la tecnociencia? con ideas basadas en la noción de paradigma, como estructura orgánica en el proceso evolutivo.*

**PALABRAS CLAVE:** paradigma, evolución, progreso, ciencia, tecnología, singularidad tecnológica, revoluciones científicas, revoluciones tecnológicas, filosofía de la ciencia.

## 1 INTRODUCCIÓN

El simple hecho de que cada generación posterior de científicos se encuentre con fuerzas productivas -de la ciencia- adquiridas por las generaciones precedentes, que le sirven de materia prima para nuevas investigaciones y que posibilitan nuevas producciones, es la evidencia de la conexión histórica en el desarrollo del conocimiento científico. Conocimiento que posibilita la construcción de artefactos y que en el último siglo ha puesto de manifiesto que la incesante corriente de innovaciones producidas por la tecnociencia moderna se ha convertido en una fuerza imperante que configura las formas de vida a nivel global, al ritmo de su progreso.

La tecnociencia es aquel híbrido entre ciencia y tecnología. La tecnología es consecuencia de la ciencia y la ingeniería, y puede definirse, en una forma concisa y simple, como la ciencia aplicada. La ciencia es una actividad social fáctica que busca descubrir, entre otras cosas, patrones y causas en la naturaleza para postular pautas generales. La matemática es la ciencia de las pautas y las relaciones de abstracciones numéricas. Las ciencias sociales son la ciencia de las pautas y las relaciones de la actividad social. Thomas S. Kuhn – filósofo y físico teórico [7]- ha buscado alguna regularidad en la actividad social científica y mediante su obra –“La estructura de las revoluciones científicas” (1962)- la difundió. Kuhn creyó encontrar una pauta con la que conforma una hipótesis (usualmente conocida como “Paradigm Shift” o “Revolutionary Science”), en la concepción epistemológica, del progreso de la ciencia en el contexto histórico y, si se quiere, psicosocial y con una visión del progreso fuertemente ligada a la noción de paradigmas. Muchos autores han detractado y otros tantos han apoyado dicha hipótesis. Hay un autor, entre otros tantos, que lleva dicha idea al ámbito de la tecnología y es quien interesa al propósito de este escrito a los efectos de mostrar como la idea postulada por Kuhn puede ser usada para explicar el progreso

tecnológico y, como la ciencia y la tecnología mantienen un acoplamiento mutuo y natural, de una fuerza inquebrantable. Este autor es Ray Kurzweil, tecnólogo y científico -especializado en Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial [8]- y sus hipótesis centrales son conocidas como “Singularidad Tecnológica” y “Ley de rendimientos acelerados”.

## 2 DESARROLLO

Para Kuhn la evolución de las ideas científicas tiene una lógica. En busca de esta lógica él relaciona la historia de la ciencia con su filosofía y postula las siguientes observaciones:

1. Los profesionales están condicionados en su forma de ver el mundo, en la manera de investigar y en la elección de sus objetivos, por las empresas cognoscitivas respectivas a sus disciplinas profesionales [2] y que configuraron sus modelos teóricos mentales. Estos modelos responden a paradigmas entendidos, en su acepción general, como un cuerpo de conocimiento teórico y filosófico perteneciente a una escuela científica o disciplina. En él las leyes, hipótesis, teorías, generalizaciones, estándares, principios, técnicas, etc.; son la herramientas que usamos para construir nuestros criterios, nuestros puntos de vista, marco de referencia o creencia; y que en su conjunto determinan como vemos, percibimos, entendemos e interpretamos las cosas y, en la praxis, las cambiamos.
2. La ciencia construye teorías mediante leyes que, por ser empíricas, son adicionadas al conocimiento científico sin ser posteriormente desplazadas completamente [2]. Claramente esto apoya la tesis de que el conocimiento es acumulativo (Tesis sostenida por diversos filósofos anteriores a Kuhn).
3. El progreso es el proceso de sucesión de paradigmas, donde cada paradigma tiene la capacidad de resolver problemas superando, pero sin eliminar (totalmente), al anterior. Por ello, es justo sostener que la ciencia basada en paradigmas es acumulativa en virtud de los problemas que resuelve y, el progreso lo es porque gran parte de la resolución de problemas del paradigma anterior se mantiene en el nuevo. De misma manera sucede en el progreso tecnológico. Pero Kuhn además, sugiere otra idea al decir que “las etapas sucesivas en ese proceso de desarrollo se caracterizan por un aumento en la articulación y la especialización”, que se puede atribuir a la complejidad creciente.
4. La historia del desarrollo científico está, hasta cierto punto, delimitada por secuencia progresiva de tres periodos: ciencia normal (progreso estable con

presencia de Anomalía en su etapa final), crisis (caos, controversia y competencia entre paradigmas), revolución [1] (salto cualitativo entre paradigmas). Como muestra la figura 1.

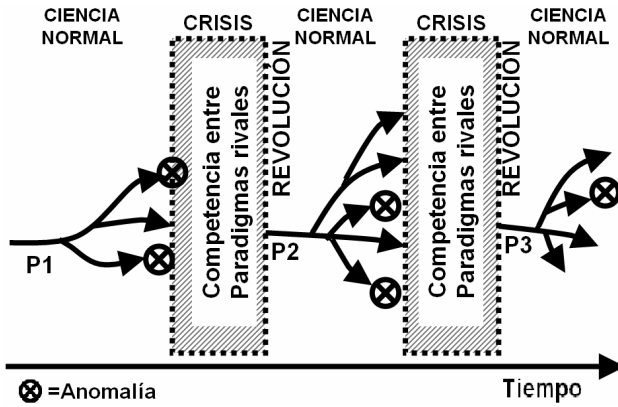


Figura 1. Historia de la ciencia como sucesión de estados normales y revolucionarios (según Kuhn). [4] (P1, P2 y P3 son paradigmas)

En esencia, el proceso del progreso científico tiene la estructura de tres estados correspondientes a los periodos anteriormente mencionados. Como muestra la figura 2.

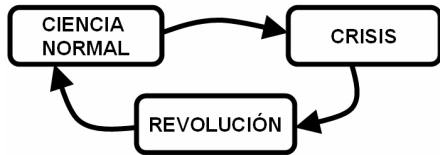


Figura 2. Estados del proceso de desarrollo de la ciencia según Kuhn.

5. El progreso científico puede seguir las regularidades de la evolución biológica: "Y todo el proceso pudo tener lugar, como suponemos actualmente que ocurrió la evolución biológica" [1]. Esta idea, aunque apenas sugerida y enfocada hacia los paradigmas con rechazo de cualquier especulación relacionada con teleología a la antigua, apoya una tesis muy fuerte, que es la evolución en la naturaleza. Tesis que Ray Kurzweil sostiene.

Ray Kurzweil se apoya en la idea de paradigma para explicar su hipótesis de la "Singularidad Tecnológica"<sup>(2)</sup> y predecir una revolución paradigmática para el siglo actual. Pero con la idea de que un paradigma se asemejaría en algún sentido a un organismo (Kuhn sigue esta comparación) describe su evolución como una curva "S" de crecimiento biológico (Figura 3). Un paradigma tiene una etapa de crecimiento lento, otra de crecimiento rápido y finalmente alcanza una madurez de crecimiento lento a moderado. En este último periodo el paradigma podría decrecer con los que se puede denominar extravíos de Kuhn por lo que algunos problemas resueltos por la vieja teoría ya no sean relevantes para la nueva.

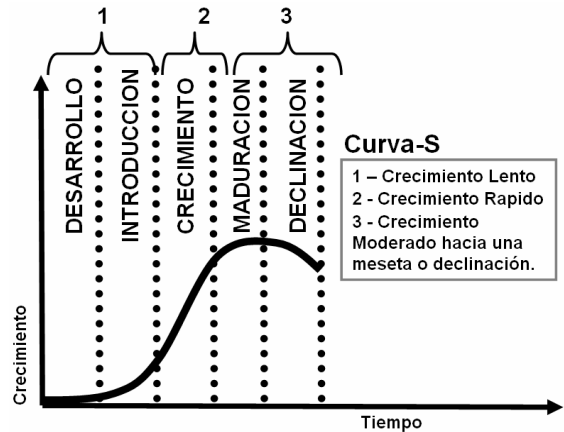


Figura 3. Ciclo de vida de un paradigma según Ray Kurzweil.

Para Kurzweil, la ciencia normal sería la curva de mayor crecimiento del paradigma y la revolución es el momento en que se dispara un nuevo paradigma, que bien podría ser la etapa de introducción de crecimiento lento del nuevo paradigma. El progreso tecnológico está caracterizado por la surgencia de paradigmas consecutivos, que se solapan en sus extremos, que no son lineales y que describen una curva acumulativa en forma global. Una sucesiva de paradigmas dibuja una curva como cascada de curvas-S en una tendencia progresiva y -para Kurzweil- exponencial (Figura 4). Además Kurzweil dice que cada curva sucesiva demora menos -aceleración en relación a la anterior- en su ciclo de vida y mejora la prestancia de la tecnología. Tanto el porcentaje de problemas resueltos como la prestancia en el sentido acumulativo denotan el incremento de la complejidad. Esta idea de complejidad creciente es una idea fuerte en el evolucionismo.

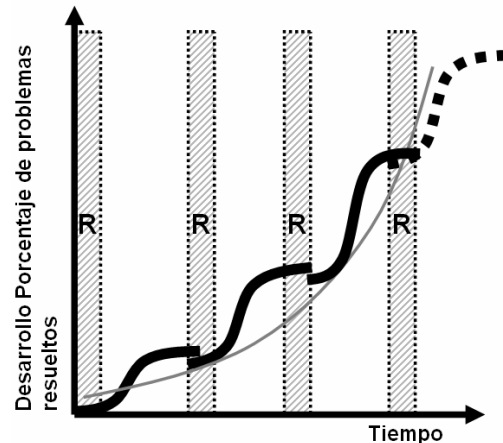


Figura 4. Curva de sucesivos paradigmas.

En la historia de la tecnología podemos ver como sucesivas innovaciones han formado un marco paradigmático de desarrollos tecnológicos y de artefactos. Como por ejemplo, podemos dividir parte de la historia reciente de las implementaciones físicas de sistemas de computación en paradigmas basados en electromecánica primero, y luego la electrónica en la etapa de los relay, después la de los tubos de vacío, la

de transistores, y actualmente la de los integrados o denominado el "quinto paradigma" ("The fifth Paradigm" [3]). El "quinto paradigma" describe un claro ejemplo del ciclo de vida de un paradigma ya que el mismo respeta - por el momento- la "Ley de Moore"<sup>(1)</sup> y ha comenzado la etapa de maduración.

La ciencia desde su inicio en Grecia ha respondido a este modelo de progreso. Primeramente existían dos tradiciones, la teórico-especulativa y la empírica [6] que se relacionaban como paradigmas en pugna. Podemos bosquejar, simplificando un poco, que por la vía empírica surgió la "mecánica de Newton" que fue sucedida por la "relatividad de Einstein" y posteriormente por el "paradigma cuántico". En la actualidad se está intentando descubrir una nueva teoría unificada que resuelva algunas anomalías y que unifique la teoría cuántica con la relatividad, un nuevo paradigma del todo. Un paradigma de este tipo es el basado en la "teoría de cuerdas" (todavía calificada como una hipótesis filosófica). En este ejemplo podemos ver como la relatividad no eliminó la mecánica newtoniana, ni la cuántica a la relatividad. Todas coexisten, sus sucesiones históricas agregaron mayor complejidad al conocimiento científico. Complejidad expuesta por la cantidad de disciplinas científicas que han surgido en la historia, la cantidad de especializaciones profesionales que conviven, especiación de teorías, la cantidad de información creciente acompañada con su mayor procesamiento y la complejidad en las organizaciones científicas. Hay autores como Hacking que indican que lo que se mantiene con vida no son los paradigmas, sino los entes que ellos contienen. Haciendo una analogía con Richard Dawkins, sería como si los entes fueran los genes y los paradigmas las especies en una deriva natural y evolutiva. El progreso científico se ve reflejado en la tecnología y el progreso en los paradigmas tecnológicos determina, en alguna medida, los paradigmas de la sociedad. Podemos notar como la edad de piedra, la edad de bronce, la edad de hierro, la primera sociedad Industrial, la era del vapor y ferrocarriles, la era de la industria pesada, del petróleo, fabricación de automóviles y fabricación en masa, era de la informática y las telecomunicaciones, la sociedad Informacional y la sociedad del conocimiento, responden a categorías paradigmáticas en relación a la tecnología del momento y a los problemas que resolvían, que a su vez eran consecuencia de la ciencia del momento. No se puede negar fácilmente como, desde la edad de bronce a la actual, el progreso tecnológico resulta en una acumulación de soluciones a problemas (acumulación no suma), como gran parte de los artefactos tecnológicos y sus modelos resolutorios persisten en el tiempo. Como se aprecia un aumento de la complejidad en la naturaleza involucrada en dicha evolución. Los paradigmas no son eliminados (por lo menos completamente) y un ejemplo de ello es que en la actualidad todavía existen artefactos y sus fábricas que responden a paradigmas antiguos como televisores a válvulas, motores a vapor, y hasta flechas de piedra en algunas tribus remanentes de nuestro pasado no civilizado. Estas son regularidades que derivan tanto de las ideas de Kuhn como las de Kurzweil. Tanto la ciencia

como la tecnología evolucionan de misma manera, con esta misma pauta (Figura 5).

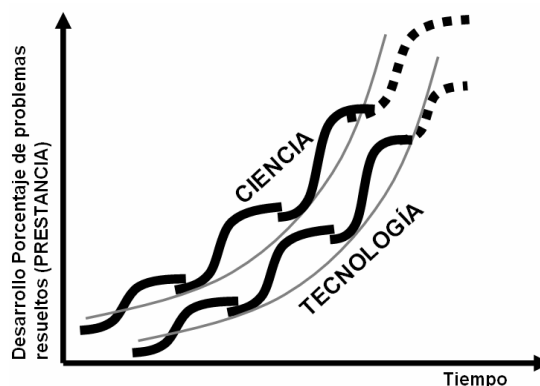


Figura 5. Evolución de la Ciencia y la Tecnología.

Kurzweil agrega una pauta controversial que es la de exponencialidad en el progreso (muchos autores como F. Engels ya enunciaban el fenómeno de exponencialidad). Al progreso exponencial de la tecnología lo llama "Ley de rendimientos acelerados" [3]. Además, se atreve ir más lejos al sugerir que la misma naturaleza, el universo, evoluciona de esta manera. En todo lo expuesto sobresale un pensamiento evolucionista. El pensamiento evolucionista de Kurzweil supone que si la vida biológica fuera resultado de un paradigma biológico desarrollado en millones de años por la naturaleza, la vida híbrida de biología y tecnología podría ser el paradigma sucesor. Según esta cosmovisión podemos estar transitando una nueva explosión cámbrica biotecnológica, pero a una aceleración mayor.

### 3 CONCLUSIÓN

Las revoluciones científicas y tecnológicas de la historia cambiaron la representación de la naturaleza y los presupuestos epistemológicos sobre los que se asentaba la razón de la época en la sociedad. Estos no constituyen hechos aislados sino que, forman parte de una lógica de progreso. Tanto en la ciencia como en la tecnología se observan las revoluciones paradigmáticas, la deriva en especiación y el incremento de complejidad como fenómenos de un proceso evolutivo. Ambas disciplinas progresan mutuamente relacionadas y en reciprocidad relacional con la sociedad y la naturaleza.

### 4 REFERENCIAS

- [1] Thoma S. Kuhn, "La estructura de las revoluciones científicas", Fondo de cultura económica México, Traducción de Agustín Contin, Octava reimpresión (FCE, Argentina), 2004; [Título original: The structure of scientific revolutions, 1962, University of Chicago Press].
- [2] Thoma S. Kuhn, "La tensión esencial", 1968.
- [3] Ray Kurzweil, "The Singularity is Near", 2005.
- [4] John Losee, "Theories of scientific progress", 2004.
- [5] Ilkka Niiniluoto, Scientific Progress, <http://plato.stanford.edu/entries/scientific-progress/>, 2007.
- [6] Sergio F. Martinez, "De los efectos de las causas", 1997.

[7] [http://es.wikipedia.org/wiki/Thomas\\_Kuhn](http://es.wikipedia.org/wiki/Thomas_Kuhn)

[8] [http://es.wikipedia.org/wiki/Ray\\_Kurzweil](http://es.wikipedia.org/wiki/Ray_Kurzweil)

[9] Entrevista de Eduard Punset a Ray Kurzweil, mayo de 2008.

#### **Notas:**

1. La "Ley de Moore" ("Moore's Law: The fifth Paradigm" [3]) es un patrón de comportamiento de la evolución de la tecnología digital basada en integrados de transistores. Esta ley indica una tendencia en la que el número de transistores se duplica cada año, la densidad de datos se duplica cada 18 meses, se duplica la capacidad de microprocesadores cada año y medio siempre a un costo aproximadamente constante. Esto trae como consecuencia que los valores de las computadoras se dividan a la mitad cada año y medio de su adquisición como también así que las prestaciones de las computadoras que salen al mercado se duplique en la misma relación. Esta progresión geométrica se ha aplicado también a los chips de memoria, ancho de banda y otras tecnologías digitales y de la información. En 26 años el número de transistores en un chip se ha incrementado 3.200 veces demostrando el cumplimiento de la ley. Kurzweil lleva esta idea a otros ámbitos para postular su "ley de rendimientos acelerados". El dice que "en el momento en el que un ámbito de la ciencia o la tecnología se convierte en información, se acelera y crece exponencialmente" [9].
  
2. La "Singularidad Tecnológica" Es el momento (alrededor del 2030) y situación que predice Kurzweil en donde una computadora demostrará tener una mente (inteligencia, consciencia de sí misma, riqueza emocional, etc.) casi indistinguible de un ser humano. Surgirán las máquinas dotadas de inteligencia artificial que podrán realizar las tareas intelectuales humanas, emocionales y autoconscientes. Kurzweil sostiene que esa inteligencia artificial llegará a ser en la singularidad más inteligente y poderosa que la de un ser humano.

*El formato de este escrito (de 2.395 palabras) está basado en los formatos utilizados para los documentos de la IEEE.*