

La Revolución tecnológica.

por Miguel de Santiago
Academia de la Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires

Introducción.

Se estima que el Hombre (Homo Sapiens) tiene una antigüedad en la Tierra de unos 160 mil años (1). Su origen se sitúa en el continente africano. Su forma de vida era básicamente cazador – recolector. Con tal objetivo y en búsqueda de un mejor pasar expandió progresivamente su hábitat llegando a tener presencia en los cinco continentes de la tierra, lo que le insumió unos 150 mil años. La sobrevivencia del hombre en sus viajes a lo desconocido estuvo expuesta a grandes desafíos. (cataclismos, inundaciones, huracanes, animales feroces y cambios climáticos, principalmente glacializaciones que muchos no pudieron sobrellevar y que en algunos casos le cortaron rutas de regreso en el camino recorrido.

Como consecuencia muchos grupos (de Homo Sapiens) se desarrollaron independientemente adaptándose a las variadas condiciones ambientales diferenciadamente. El progreso fue en todo los casos muy lento. Solo en los últimos milenios, algunos pueblos aceleraron su proceso de crecimiento alcanzando un nivel de desarrollo importante. Pero nada puede compararse con el desarrollo que el Hombre alcanzó en los últimos 250 años, en los que superó con creces, todo el desarrollo de esos previos 160 mil años de historia.

Esta época, que llega a nuestros días, suele ser mencionada como de la **Revolución Tecnológica**. (también como Edad Contemporánea). Es un tiempo de crecimiento explosivo y desordenado que tuvo pueblos ganadores y perdedores. Los países ganadores son conocidos como **países centrales**, probablemente por el hecho que desde ellos, los avances tecnológicos se difundieron a los **países periféricos**. También entre los países centrales se produjeron diferencias. En el primer siglo de la Revolución Tecnológica, el país líder fue Inglaterra, luego hubo un interregno en que los EEUU y Alemania compartieron el liderazgo con Inglaterra, y en el resto del período el líder tecnológico fue EEUU.

Cómo continuará este proceso de desarrollo acelerado en los años a venir?
Cómo podrán los países de América Latina engancharse en este proceso para incrementar el bienestar de sus pueblos?

Menudas preguntas que necesitan del análisis de la experiencia vivida

El desarrollo.

Previamente, siguiendo a C.Perez (2). definiremos como **Desarrollo al proceso de acumulación de capacidades tecnológicas y sociales**. Una definición simple y precisa que da lugar a numerosas interpretaciones y comentarios. La acumulación de capacidades se refiere al potencial de resolver problemas y de construir estructuras que los solucionen con las propias fuerzas y con su propio ingenio.

Un tren de alta velocidad entre Bs.As. y Rosario, importado de los chinos que proveen el diseño, la ingeniería, la construcción y la provisión del equipamiento no significa un gran desarrollo si ello no involucra la asimilación y propiedad de la tecnología. Sería un verdadero desarrollo cuando se tiene la capacidad de construir una red de trenes de alta velocidad, instalar las vías, construir máquinas y vagones etc.

Las capacidades sociales se refieren a la educación, la investigación de Ciencia y

Tecnología, la salud pública, la seguridad, la justicia, etc . Cualquiera puede inferir el extraordinario peso de estos temas en el desarrollo de un país.

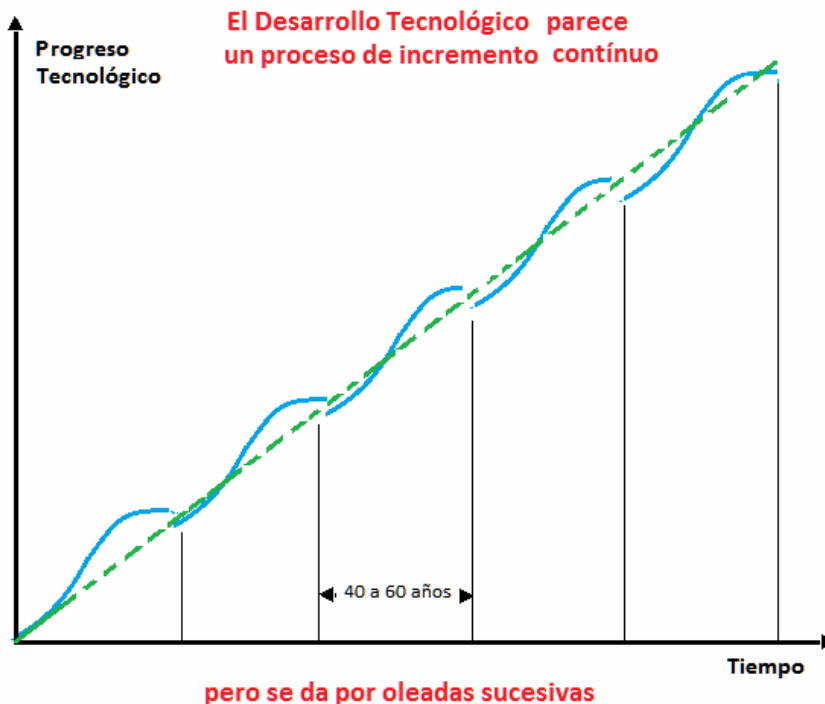
Una definición anterior de desarrollo se refería al **proceso de acumulación de capital y trabajo** solamente. Otra más moderna mide el desarrollo por el consumo. Sin embargo debe asegurarse que ese consumo sea sostenible en el tiempo, con lo que se caería en las definiciones anteriores.

Ciclos de onda larga.

Volviendo a la Revolución Tecnológica, un aspecto importante a observar es que el proceso de desarrollo desde 1770 hasta ahora no fue constante. Hubo periodos de depresión y de bonanza alternadamente, constituyendo ciclos económicos, conocidos como **Ciclos de onda larga de Kondratiev (ref.1)**, de una duración entre 40 a 60 años. (ver Figura 1).

Schumpeter (ref.2) observó que las épocas de bonanza de estos ciclos coincidieron con “oleadas” de innovaciones tecnológicas. (un poderoso y visible conjunto de tecnologías, productos e industrias nuevas y dinámicas, capaces de sacudir los cimientos de la economía). Sin embargo esto no explica porqué las innovaciones se introducían simultáneamente provocando los comportamientos cíclicos de la economía.

Figura 1



C.Perez (ref.3) estudió también el proceso de desarrollo en los países centrales durante la Revolución Tecnológica pero analizando las características de cada uno de los ciclos técnico económicos que se fueron sucediendo. Su objetivo era encontrar por analogía estrategias válidas para el desarrollo de América Latina.

En sus estudios propuso la hipótesis de que diferentes **paradigmas técnicos económicos** caracterizan a cada ciclo. Estos paradigmas pueden basarse en un recurso físico o una nueva tecnología aplicable a la producción con las características indicadas en el cuadro 1.

Cuadro 1.

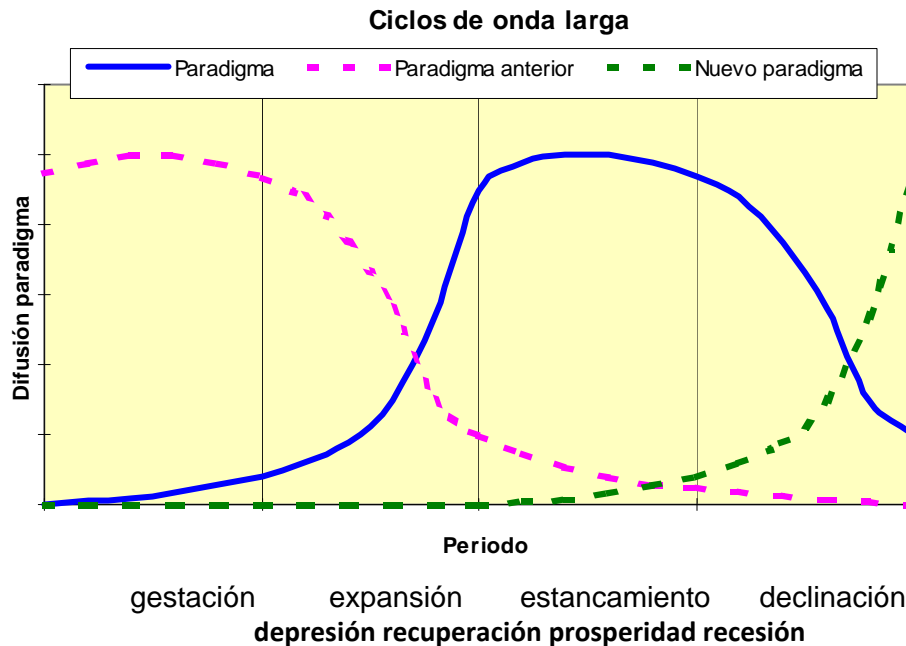
Características salientes de un paradigma técnico económico

- + costos muy accesibles y declinantes
- + oferta muy abundante (casi infinita)
- + ubicuidad en diversas actividades productivas
- + capacidad reconocida de reducir costos de producción

Paralelamente el nuevo paradigma introduce cambios sociales importantes, que provocan conflictos en los intereses ligados al viejo paradigma que comienza a ser reemplazado. Pese a la intensidad, profundidad y complejidad de los cambios que un paradigma técnico económico introduce en la organización social, las innovaciones tienen una vida finita. El ciclo de vida de una innovación llega a su fin, generalmente porque otra innovación con mejores propiedades (indicadas en el cuadro 1) o por deterioro de la misma (agotamiento de materias primas y consiguiente aumento de costos; o por consecuencias ambientales de un excesivo uso, etc),

En la **Figura 2** se esquematiza el ciclo de vida de una innovación observándose las etapas de **gestación, expansión, estancamiento y declinación** medidos por una cuantificación de la difusión del paradigma.

Figura 2.



Obsérvese que hay un solapamiento entre el nuevo paradigma y el anterior que tiende a ser reemplazado. Durante el período de gestación, sobre el nuevo paradigma se realizan fundamentalmente actividades de Investigación y desarrollo, y también acciones de difusión de las posibles ventajas de las innovaciones. El anterior paradigma no es afectado, pero en él las oportunidades de inversión se comienzan a reducir por saturación de los mercados y a veces por agotamiento de materias primas baratas.

El período de **expansión** suele comenzar con la instalación en escala comercial de una planta con uso del nuevo paradigma que pone en evidencia las ventajas de la innovación. C.Perez designa a este evento como el **big-bang** del nuevo paradigma.. Si las ventajas son muy evidentes y accesibles se producen “oleadas” de inversiones, no solo en esos

sectores donde se desarrolló originalmente el paradigma sino mucho más allá de los confines de las industrias. Se ofrecen conjuntos de tecnologías genéricas y principios organizativos interrelacionados entre sí, que hacen posible un salto de la productividad para la gran mayoría de las actividades económicas.

Cada transformación tecnológica trae un importante cambio en la estructura de precios relativos, guiando a los agentes económicos hacia el uso intensivo de los nuevos insumos asociados a tecnologías más poderosas, prometiendo el éxito a quienes sigan los principios encarnados en las industrias núcleo de la revolución.

El ciclo de la innovación prosigue con los periodos de **estancamiento** (o madurez) en el que las inversiones disminuyen porque los mercados comienzan a dar señales de saturación, puede haber escasez de materias primas con aumentos de precios que reducen la rentabilidad y especialmente la posible incursión en el mercado de un nuevo paradigma, que implica un riesgo adicional en las inversiones. La innovación trata de prolongar su vida ofreciendo productos modificados para aplicaciones especiales. También es muy común que se vendan licencias a los países menos desarrollados para atender sus mercados aún no saturados. En todo caso, tarde o temprano se llega a la etapa de **declinación** en la que se va dando lugar al nuevo paradigma técnico económico.

Obsérvese que el ciclo de vida presentado en la figura 2 de las innovaciones tiene una duración que duplica el ciclo de Kondratief, que se refiere fundamentalmente a la macroeconomía y que tiene las etapas de **Depresión, Recuperación, Prosperidad y Recesión**.

Los ciclos de la revolución tecnológica.

Desde la década de los 70s en el siglo 18 hasta la actualidad se han sucedido 5 ciclos de onda larga, los que se presentan sinópticamente en el Cuadro 2.

Cuadro 2.

Ciclos del período de la Revolución Tecnológica

Ciclo	Epoca inicio	Nuevas tecnologías	Energía –Transporte Infraestructura	Big - Bang
Primera Revolución Industrial	1770	Maquinismo en la Industria Textil. Hierro forjado y colado. Organización Industrial	Energía Mecánica Hidráulica. . Barcazas en Canales.	Planta Hiladora de R.Arkwright. Inglaterra 1771
Era Máquina de Vapor y los Ferrocarriles	1830	Máquinas de Vapor. Hierro y Minería de Carbón. Ferrocarriles. Producción de vagones y locomotoras Gasificación del Carbón.	Carbón y Máquina de Vapor. Ferrocarriles. Grandes Puertos. Servicio Postal, Telégrafo. Iluminación de Gas	locomotora a vapor Rocket Stephenson 1829
Era del Acero y la Ingeniería pesada. Luz eléctrica.	1875	Acero Barato (Bessemer). Barcos de Acero con Máquinas de Vapor Ingeniería Pesada Carboquímica y Civil. Equipos Eléctricos. Cobre y Cables. Alimentos enlatados y embotellados. Celulosa y Papel	Navíos a Vapor de gran velocidad. Canal de Suez. Redes de FFCC. Rieles de Acero. Grandes puentes. Telégrafo mundial. Redes Telefónicas. Redes Eléctricas uso industrial e Iluminación	1a.fábrica acero Bessemer de alta eficiencia. (A.Carnegie – 1875)

Era del petróleo y el Automóvil. Producción en masa.	1920	Línea de Producción de Automóviles. Petróleo barato. Combustibles líquidos y gaseosos. Petroquímica. Materiales Sintéticos. Motor Otto p/ autos, camiones, tractores, aviones. Electrodomésticos.	Redes de caminos, autopistas, puertos, aeropuertos. Redes de oleoductos. Redes eléctricas (industrial y domiciliaria.) . Motores eléctricos. Telecomunicaciones analógicas mundiales. Telex, Teléfono, Cable	Producción Ford "T" en línea de producción. (1913).
Era de la Informática y las telecomunicaciones	1975	Microelectrónica barata. Computadoras Personales. Software. Satélites. Telecomunicaciones. Control automático en procesos . Robótica.	Comunicaciones digitales. Cable, fibra óptica, radio, satélite . Correo electrónico. Internet. Transportes de alta velocidad	Microprocesador Intel (1971). Computadoras personales. (1982)
6° Ciclo ???	2030 ?	?????????	?????????	?????????

Hay que señalar que estamos en pleno desarrollo del 5° ciclo, cuyo final se podría suponer (si es que se mantiene la regularidad observada) entre los años 2025 y 2035. Más importante que la fecha del inicio del 6° ciclo sería poder adivinar cuál será el nuevo paradigma que lo regiría.

Al respecto se habla de la Biotecnología, de la Nanotecnología, de las Energías No Convencionales y Renovables, de la Conservación del Medio Ambiente.

A la luz de los conceptos enunciados en el cuadro 1 no se observa por ahora si alguno de los temas enunciados podrían calificar como el próximo paradigma.

A pesar de la fuerte incertidumbre, la idea de C.Pérez de apostar al futuro y no tratar de engancharse en el pasado reciente sigue siendo razonable, pues de esta manera se podría participar del período de bonanza del próximo paradigma.

Esta estrategia parece suponer que cada ciclo es independiente de los ciclos precedentes y de los posteriores. Sin embargo, algunas de las innovaciones de un ciclo prolongan su vida útil por varios ciclos (aunque pueda serlo con menor importancia). Por ejemplo la locomotora a vapor (innovación del 2° ciclo mantuvo su vigencia en el 3er. ciclo y parte del 4°. Luego fue reemplazada por las locomotoras diesel, diesel-eléctricas y eléctricas. Por otra parte los ferrocarriles con los cambios de la propulsión aunque muy disminuidos y con un uso más restringido y especializado, siguen todavía vigentes aun. La tendencia actual es intensificar el desarrollo de los trenes de alta velocidad, que en ciertas distancias compiten favorablemente con la aviación.

También se debe recordar que el desarrollo es un proceso de acumulación de capacidades (tecnológicas y sociales) que es necesario disponer en un nivel competitivo para poder participar desde su gestación en una innovación tecnológica paradigmática.

Bibliografía.

- (1) Journey of Mankind. Peopling of the World. (adapted from "OUT OF EDEN"/"THE REAL EVE" Stephen Oppenheimer 2003.
<http://www.bradshawfoundation.com/journey/>
- (2) Pérez, Carlota. Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. Revista de la CEPAL 75 pág.119. Dic.2001.

Referentes.

Ref.1. **Kondratiev, Nikolaiv.** (1892-1938) Economista ruso que formuló la teoría de los ciclos largos de la Economía de una duración de 47 a 60 años.

Ref.2. **Schumpeter, Joseph.** (1883 – 1950). Economista de origen Austriaco emigró a los EEUU trabajando como profesor en Harvard desde 1932 a 1950. Es muy conocido por sus trabajos sobre las innovaciones y el desarrollo económico.

Ref.3. **Pérez, Carlota.** (1939 - ..) Economista de origen Venezolana, investigadora, conferencista y consultora internacional, experta en cambio tecnológico y su impacto en el crecimiento, el desarrollo y la competitividad así como en el rol del mundo financiero en la difusión de las grandes oleadas de nuevas tecnologías. Su libro “Revoluciones Tecnológicas y Capital Financiero: La dinámica de las burbujas financieras y las épocas de bonanza” han contribuido a la comprensión actual de las relaciones entre el cambio técnico y el cambio institucional, entre el mundo financiero y la difusión tecnológica y entre la tecnología y el desarrollo económico.