

Sobre la aceleración de la historia

Juan Grompone

Introducción

Se acepta como un “hecho” válido que la revolución científica y tecnológica continúa en el presente y, aún, aumenta su velocidad. “La mayoría de los científicos están vivos”, “los recursos para el desarrollo de la tecnología aumentan”, “vivimos una (segunda) revolución científica” son afirmaciones corrientes que parecen no merecer justificación. La mayoría de estas afirmaciones son cualitativas y no poseen una evidencia científica que las soporte.

En este trabajo intentaremos medir esta supuesta aceleración de la historia y buscar una “explicación”.¹

El objetivo que perseguimos es encontrar algún tipo de “ley” cuantitativa (similar a las llamadas “leyes” de Bode en astronomía o de Zipf en lingüística) que permita pensar acerca de la historia humana.²

La “Ley” de Adams

Henry Adams en 1958, en un trabajo muy controvertido, presentó una “ley” cuantitativa acerca de la aceleración de la tecnología: cada vez existía menos tiempo entre el descubrimiento y la aplicación de una innovación. La ecuación matemática fue tomada como un resultado falso, una falta de objetividad o una broma [1]. Sin embargo, la pretendida ley tenía una precisión asombrosa.

Consideremos, como ejemplo, un conjunto de acontecimientos tecnológicos relevantes, tal como muestra el Cuadro 1. La simple observación de la diferencia de tiempos entre el descubrimiento y la aplicación tecnológica muestra la presunta aceleración.

¹ Este trabajo fue publicado originalmente en la revista “Galileo”, 2a. época, N. 11, mayo de 1995, Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Fue publicado también en “Cuadernos de Marcha”, diciembre de 1996, y en el libro “Marx hoy”, Montevideo, 1997. También fue publicada una versión bajo el título “The Zeno event. Science and the acceleration of history” en la revista “Futures”. V. 29, N. 6, August, 1997. La presente versión tiene algunas correcciones menores de la versión de “Cuadernos”.

² La llamada ley de Bode relaciona el tamaño de los planetas con la distancia al Sol; la de Zipf explora la frecuencia de uso de cada palabra en un lenguaje natural. En ninguno de los dos casos existe una teoría que explique estos resultados.

Cuadro 1: Separación en el tiempo entre el descubrimiento y la aplicación para algunos eventos tecnológicos relevantes

evento	descubrimiento	aplicación	diferencia	ley de Adams
fotografía	1727	1839	112	117
máquina a vapor	1769	1854	85	81
teléfono	1820	1876	56	51
radio	1867	1902	35	32
radar	1925	1940	15	16
transistor	1948	1953	5	12
viaje a la Luna	1961	1969	8	10

Con cifras como las presentadas, Adams propuso una ecuación empírica (¡que pretendía derivar de la Regla de las Fases de la química!) que vinculaba la fecha de un descubrimiento con la separación en el tiempo de su aplicación tecnológica:

$$A e^{-t/T} - B$$

Si elegimos el año 1700 como origen de tiempos y los valores de los parámetros

$$T = 125 \text{ años}$$

$$A = 157 \text{ años}$$

$$B = 9 \text{ años}$$

encontramos una excelente concordancia entre las fechas y los valores que predice la ecuación, tal como muestra el Cuadro 1.

El signo de menos que precede a B es el punto más controvertido (y, a veces, jocoso). La “ley” de Adams predice, para el futuro cercano, una diferencia de tiempo cero: cada descubrimiento será aplicado instantáneamente. Luego de esta fecha crítica, la causalidad se invierte (¡esto es lo jocoso!), la tecnología aplica descubrimientos que todavía no han ocurrido. La fecha fatal se calcula como

$$t_Z = T \log \frac{A}{B}$$

De acuerdo con los valores de los parámetros presentados, la pesadilla tecnológica ocurre en el año 2057.

No es simple aceptar una ecuación como la de Adams. Podemos argumentar que la supuesta “ley” es un resultado caprichoso debido a una elección arbitraria o tendenciosa de los eventos. Se tiene un mejor panorama de la ley si, en lugar de elegir eventos tecnológicos, se emplea una lista de eventos relevantes confeccionada por una persona ajena al problema. En la Figura 1 presentamos una lista de 100 eventos tecnológicos relevantes, entre 1700 y 1950, seleccionados (con otra finalidad) por un enemigo declarado de la “ley” de Adams [1].

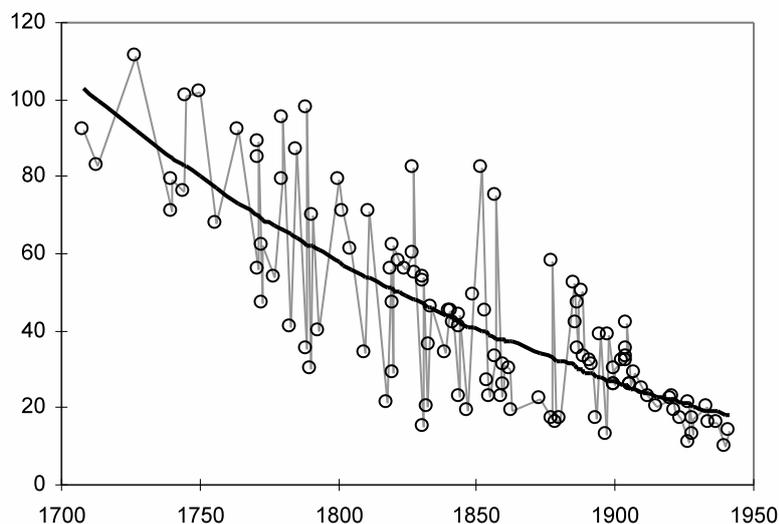


Figura 1: Ley de Adams y 100 eventos tecnológicos relevantes.

No es sencillo realizar un ajuste de parámetros para la ecuación de Adams porque su conducta es mala. Hay muchos juegos de parámetros que “ajustan bien” a los valores de los datos. Esto hace que la fecha de la pesadilla tecnológica puede ocurrir tan temprano como en el 2040 o tan tarde como 2070. En la Figura 1 se ha seleccionado un juego de valores que llevan al 2062 como fecha crítica

$$\begin{aligned}
 T &= 207 \text{ años} \\
 A &= 132 \text{ años} \\
 B &= 23 \text{ años}
 \end{aligned}$$

No hay duda que existe una aceleración en la aplicación de la tecnología. La ecuación de Adams es solamente una entre las que se pueden construir como expresión matemática de este fenómeno.

Es claro que existe cantidad de “ruido” en los datos considerados. Es razonable que no pueda existir una ley histórica precisa a menos que los datos de la realidad sean convenientemente filtrados. Este punto es perfectamente razonable.

La evidencia arqueológica

La aceleración de la tecnología puede ser observada en un intervalo de tiempo bastante mayor que 250 años. Es sencillo construir una selección de eventos tecnológicos arqueológicos que representen los grandes logros de la historia humana.

El Cuadro 2 presenta –según la elección del autor– una lista de los eventos más importantes de la historia humana. También este cuadro muestra una forma de aceleración (¡o es otro resultado casual!).

Cuadro 2: Los eventos tecnológicos más importantes en la historia (elección personal).

comienzo del evento	fecha	intervalo
posición erecta de los homínidos	-5.000.000	
herramientas de piedra	-1.500.000	3.500.000
dominio del fuego	-500.000	1.000.000
pensamiento abstracto	-45.000	455.000
agricultura y feudalismo	-9.000	36.000
hierro y esclavitud	-1.100	7.900
sociedad capitalista	1.200	2.300

La elección de eventos intenta reflejar los momentos más importantes de la evolución humana. Cada uno de estos eventos es crucial para el desarrollo de la civilización, cada uno marca un cambio importante en la sociedad humana. Todos los eventos intentan ser de importancia similar y están asociados a un cambio social profundo.

El hecho más importante en la historia humana es haber alcanzado la posición erecta. Este es el comienzo del uso de las manos, de las herramientas y el comienzo de la tecnología. Es previo a cada uno de los restantes eventos. Las herramientas de piedra son un acontecimiento tecnológico similar. Sin instrumentos de piedra, nada de lo que sigue hubiese ocurrido. Ambos eventos ocurrieron (posiblemente) una única vez, en África.

El uso del fuego y el pensamiento abstracto (con lo cual suele designarse un nuevo orden social, la aparición de la propiedad privada, el lenguaje organizado, el culto a los antepasados, las manifestaciones artísticas y una posible lucha a muerte de los hombres de Cro-Magnon con los hombres de Neanderthal) son los eventos seleccionados posteriormente. Los lugares donde ocurrieron estos eventos todavía son dudosos y es posible que hayan ocurrido más de una vez.

La agricultura es la siguiente elección obligada, no se puede dudar de esto. Es un hecho conocido que esta revolución tecnológica generó un nuevo orden social. El descubrimiento de la agricultura sucedió tres veces en tres lugares diferentes. El evento del trigo ocurrió en la Anatolia, Mesopotamia y Egipto; el evento del arroz en India, Indochina, China y Japón; el evento del maíz ocurrió en América Central y en los Andes.

Con el nombre de esclavitud designamos un nuevo orden social que comprende varios acontecimientos tecnológicos asociados: el hierro, el comercio generalizado, la moneda, la escritura alfabética y la esclavitud humana. La sociedad esclavista dominó durante más de 25 siglos la zona del Mediterráneo, por ejemplo.

La sociedad capitalista condujo a una nueva revolución científica y tecnológica y a la dominación global del hombre sobre el planeta Tierra. El evento capitalista ocurrió al menos dos veces en forma independiente: en Europa y Japón.

Las fechas indicadas en el Cuadro 2 son fechas aceptadas usualmente, no pre-

tenden tener demasiada precisión. Con estos datos se puede defender la tesis de que tanto la tecnología como la ciencia o la historia humana se encuentran en una forma de movimiento acelerado.

Una “ley numérica”

El disponer de una “ley” numérica es una herramienta útil para especular acerca de la aceleración de la historia. El Cuadro 2 sugiere que el intervalo de tiempo que separa eventos de importancia similar es cada vez más pequeño. Una inspección simple sugiere una suerte de progresión geométrica.

El Cuadro 3 muestra una progresión geométrica de intervalos decrecientes entre diferentes eventos tecnológicos relevantes. Las fechas se han ajustado de modo de acercarse a las indicadas en el Cuadro 2. Se ha realizado la extrapolación en ambas direcciones del tiempo a los efectos de tener un panorama especulativo todavía más amplio.

Cuadro 3: La historia tecnológica humana reconstruida con una progresión geométrica de intervalos decrecientes. La razón de división es 3,46.

comienzo del evento	fecha	intervalo
extinción de los dinosaurios?	-65.154.980	46.325.526
antropoides?	-18.829.454	13.388.880
posición erecta de los homínidos	-5.440.574	3.869.619
herramientas de piedra	-1.570.955	1.118.387
dominio del fuego	-452.568	323.233
evento?	-129.335	93.420
pensamiento abstracto	-35.915	27.000
agricultura	-8.915	7.803
hierro y esclavitud	-1.112	2.255
capitalismo comercial	1.144	652
capitalismo industrial	1.796	188
?	1.984	54
?	2.038	16
?	2.054	5
?	2.059	1
límite del efecto Zenón	2.060	

Existe un sorprendente acuerdo entre los cuadros, con la notable excepción de un evento todavía no detectado que ocurrió hace 130.000 años.³

Cuando la lista de eventos relevantes se extiende hacia el pasado, aparecen dos nuevos eventos. Por las fechas es posible asociarlos a eventos conocidos de la arqueología. La extinción de los dinosaurios fue, en efecto, el evento más importante

³ Posteriormente identifiqué este evento con la aparición de las armas arrojadizas.

para la historia de los mamíferos y, por extensión, para la historia humana. Por supuesto que este no es un evento tecnológico excepto en un sentido darwiniano. Esto será más claro en lo que sigue. La aparición de los antropoides, en este contexto, es el siguiente evento en importancia y la fecha posee un sorprendente acuerdo con las fechas aceptadas.

Extendiendo la lista en la dirección opuesta, hacia el presente y el futuro, se detecta en 1796 el (posible) comienzo de la revolución industrial. Más adelante, esta “ley” predice un cierto proceso similar a la paradoja de Zenón sobre Aquiles y la tortuga. Los intervalos de tiempo son cada vez más pequeños.⁴ Finalmente encontramos una fecha límite para el “evento” Zenón (cuando Aquiles alcanza a la tortuga) en el 2060.

Es claro que una simple progresión geométrica no puede “explicar” la sociedad humana en su totalidad, pasado, presente y futuro. Sin embargo esta idea será fecunda para la discusión que sigue, especialmente la idea de la fecha límite de Zenón.

Tecnología y población humana

La pregunta básica que debemos responder es simple: ¿por qué acelera la historia? Esta pregunta está asociada con la idea filosófica de progreso. En el pasado, diferentes pensadores respondieron la pregunta sobre el progreso humano de diferentes maneras. La mayoría de las respuestas necesitaban un Dios para explicar el progreso o la aceleración. En este trabajo proponemos una respuesta muy simple y directa.

La historia humana acelera porque la población humana crece: cada vez hay más seres humanos en el planeta Tierra.

El hombre es un mamífero tecnológico. Los seres humanos dominan el planeta debido a que poseen herramientas. La evolución del hombre es una rara forma de la evolución darwiniana de las especies, diferente a todo lo anterior conocido.

La capacidad para desarrollar nuevas herramientas (¡esto es la tecnología!) depende de la experimentación. Las herramientas existentes en cada momento son modificadas por el hombre (posiblemente de una manera aleatoria). Las nuevas herramientas son sometidas a la experimentación y seleccionadas aquellas que son mejores. Es una curiosa forma de supervivencia darwiniana de las herramientas mejor adaptadas.

Los grandes logros tecnológicos (que hemos llamado eventos) son el resultado de la acumulación de pequeñas invenciones, cada una de ellas obtenida al azar (buena suerte para encontrar nuevos lugares, materiales, formas, animales o plantas). Cuando mayor sea la población humana, más experimentos nuevos son contrastadas con la experiencia y, por lo tanto, más rápidamente se lograrán resul-

⁴ En trabajos posteriores interpreto estos intervalos como otras fases de la sociedad capitalista.

tados nuevos. La explicación es simple. La población humana es una infatigable fabricante de herramientas y de allí que mayor población significa más velocidad de cambio tecnológico. A la inversa, mejor tecnología supone más posibilidades de supervivencia y de aumento de la población humana.

Los mamíferos son los animales mejor adaptados para heredar el planeta de los dinosaurios. Los antropoides son los mamíferos mejor adaptados para descubrir el uso de las herramientas. Se necesitaron 46 millones de años de "experimentación" natural (es decir, selección darwiniana) para "descubrir" un antropoide. Empleamos una terminología mezclada para poner en evidencia la identidad de los procesos.

Los homínidos, que disponía de manos libres para trabajar y desarrollar herramientas, eran los antropoides mejor adaptados para la evolución tecnológica. Se necesitaron 13 millones de años de "experimentación" natural para "descubrir" un homínido. Es interesante observar que otros mamíferos (delfines, ballenas, etc.) posiblemente posean una capacidad intelectual comparable con los homínidos, pero no eran capaces de construir herramientas; este punto es digno de ser meditado. Los homínidos necesitaron 3,8 millones de años para descubrir las herramientas de piedra. Los primeros humanos necesitaron solamente 1,1 millones de años para descubrir el fuego. ¿Cuál es la diferencia? La población humana primitiva era mayor que la población de los homínidos. Los homínidos (tal como lo conocemos hoy) vivían en las sabanas de África en tanto que los hombres del fuego habían alcanzado Europa y Asia. Eran más, luego experimentaban más (debido a su cantidad, no su calidad) y descubrieron un cambio revolucionario en la tecnología tres veces más rápido.

La agricultura se descubrió al menos tres veces en el pasado. 7.800 años después, en el entorno del primer lugar de descubrimiento, comenzó la sociedad esclavista (se descubrieron las herramientas de metal, la moneda, el trabajo esclavo, etc.). Podemos preguntarnos ¿cuál es la contribución de China o América a la historia general de la especie humana? Estos seres humanos también estaban experimentando. Por ejemplo, los nómades asiáticos descubrieron la tecnología del caballo; China descubrió la pólvora, el papel y la brújula; América descubrió la papa y una infinidad de productos vegetales. Además, la ilusión de El Dorado (un imaginario tesoro acumulado por los hombres americanos) impulsó la ocasional navegación oceánica para que se convirtiera en una tecnología confiable de transporte. Por cierto que fue útil a la humanidad descubrir varias veces la tecnología agrícola porque, al mismo tiempo, otros objetos y herramientas fueron desarrollados. Todo esto terminó formando parte de la economía global de la sociedad capitalista.

Ciencia y tecnología es el resultado colectivo de toda la acción humana. Es tan importante el nómade de las estepas con la tecnología del caballo como el civilizado mesopotámico con su escritura cuneiforme. Es tan importante el investigador

moderno como el portero de su laboratorio. Todos contribuyen, directa o indirectamente, al proceso darwiniano de selección natural que conduce a la tecnología y a la ciencia.

Podemos suponer, entonces, que está establecida con razonable firmeza la vinculación entre tecnología y población humana planetaria.

La evolución de la población humana

Para continuar con la investigación de la “ley” y de la “explicación” propuesta, es necesario revisar la historia de la población humana. En el Cuadro 4 se presentan algunas cifras (la mayoría hipotéticas) de la población humana.

Cuadro 4: Estimaciones de la población humana del planeta (millones de personas).

fecha	Coale [3]	Huxley [2]	Keyfitz [4]	Livvi-Bacci [9]
paleolítico?	–	–	–	1
–10.000	–	–	–	6
–8.000	5 a 10	4 a 18	10	10
–4.000	–	10 a 35	–	–
–2.000	–	30 a 70	–	–
edad del bronce?	–	–	–	100
1	300	100 a 200	–	252
1750	–	–	–	771
1950	3.900	2.000	2.500	2.350
próximo siglo?	–	–	–	10.000

Si consideramos que existen *actualmente* 5.000 millones de habitantes [8, 9] podemos armar el Cuadro 5 en la hipótesis de una progresión geométrica entre los eventos tecnológicos.

Las cifras del Cuadro 5 son plausibles. La estimación para el período neolítico es algo mayor que la generalmente supuesta, pero no es imposible. No hay cifras sobre la población humana primitiva o de los homínidos.

Una “ley” algebraica

El modelo de progresión geométrica se puede presentar de una manera más interesante. El modelo se basaba en dos hipótesis principales:

- los grandes logros tecnológicos están separados por intervalos de tiempo que se encuentran en una progresión geométrica de intervalos decrecientes;
- a población humana crece de acuerdo con la misma progresión geométrica.

Cuadro 5: Población humana del planeta según la hipótesis de intervalos en progresión geométrica (K significa miles, M significa millones).

comienzo del evento	fecha	población
antropoides?	-18.829.454	20 K
posición erecta de los homínidos	-5.440.574	70 K
herramientas de piedra	-1.570.955	243 K
dominio del fuego	-452.568	842 K
evento?	-129.335	3 M
pensamiento abstracto	-35.915	10 M
agricultura	-8.915	35 M
hierro y esclavitud	-1.112	121 M
capitalismo comercial	1.144	418 M
capitalismo industrial	1.796	1.445 M
población <i>actual</i>	1.984	5.000 M

Esta progresión se puede expresar como:

$$\begin{array}{l} \text{población humana:} \quad p \quad kp \quad k^2p \quad k^3p \quad \dots \\ \text{intervalo entre eventos:} \quad a \quad a/k \quad a/k^2 \quad a/k^3 \quad \dots \end{array}$$

y es sencillo escribir las siguientes ecuaciones

$$t = \sum_i^n \frac{a}{k^i} = a \frac{1/k^{n+1} - 1}{1/k - 1} \quad P = p k^n$$

De estas ecuaciones se puede eliminar el evento tecnológico (que en cierta medida es convencional) y relacionar el tiempo t con la población humana P .

$$t = a \frac{k - p/P}{k - 1}$$

La ecuación resultante es una hipérbola. Es interesante observar que la progresión geométrica no parece ser algo importante en el proceso, tal vez sea solamente la expresión de la Ley del Cambio de la Cantidad en Calidad. Los acontecimientos que llamamos relevantes necesitan acumular una cierta cantidad de trabajo humano en exploración, experimentación y descubrimiento. Una vez lograda esta acumulación en cantidad se alcanza un acontecimiento revolucionario que tiene una expresión cualitativa nueva.

La población se vuelve infinita y existe una explosión demográfica en el instante (evento de Zenón)

$$t_Z = a \frac{k}{k - 1}$$

Es más simple y expresivo presentar la ecuación de población como

$$(t_Z - t) \cdot P(t) = t_Z \cdot P_Z$$

En esta forma, la ecuación depende de dos parámetros: el origen de tiempos y el instante en el cual ocurre la explosión demográfica. Este es el siguiente punto que debemos analizar.

El super–evento

La aceleración de la historia parece finalizar, por diferentes caminos de análisis, en un super–evento⁵ tecnológico en algún momento del siglo XXI. Tenemos evidencias de que nos aproximamos a una catástrofe o cambio de algún tipo.

Filósofos y gente común siempre predijeron la extinción final de la humanidad o diversas formas de catástrofes universales. Lo que hemos encontrado no es original. De todas maneras, hoy tenemos evidencias de un super–evento tecnológico nuevo.

La ciencia ha detectado algunas fronteras tecnológicas insalvables:

- La velocidad de la luz es un límite absoluto para el transporte y las comunicaciones. Los hombres están anclados en la Tierra. Las comunicaciones interestelares son imposibles: un diálogo galáctico, aún con las estrellas más cercanas, empleará siglos. Hemos llegado al borde de la exploración del Universo.
- La microelectrónica crece en una forma exponencial desde 1960. No hemos encontrado todavía los límites físicos de la miniaturización de los dispositivos electrónicos. Pero debe existir un límite cuántico al cual se debe llegar (tal vez) en los próximos 50 años. Este será el fin de la revolución electrónica.
- Los instrumentos científicos están llegando a su tamaño límite. Los telescopios, los aceleradores de partículas, los microscopios se encuentra hoy en las fronteras físicas y en las fronteras de presupuesto. Hemos llegado al límite de los instrumentos de observación de la Materia.

Hay cosas que cambian en la historia de la especie humana:

- La duración de la vida humana se ha incrementado mucho en el último siglo. Por otra parte tenemos evidencia que los hombres están “diseñados” (o auto–seleccionados) para vivir menos de 40 años (la duración de la vida humana en tiempos históricos y geológicos). Los hombres luego de los 40 años

⁵ Posteriormente a la publicación de este artículo, se popularizó la expresión “singularidad” para indicar un acontecimiento disruptivo que ocurriría durante el siglo XXI.

tienen problemas de visión, de columna, pierden los dientes, la fertilidad y el pelo. Tomará miles de años adaptarse a una duración de la vida superior a los 70 años, especialmente si la medicina impide que la selección natural actúe con libertad.

- El planeta Tierra se destruye y contamina en una forma acelerada. Se destruyen especies animales y vegetales de una manera irracional. Algunos hombres comienzan a cuestionar los avances tecnológicos y a pensar que el desarrollo tecnológico se debe detener para regresar a una manera más “natural” de vida.
- En las comunidades desarrolladas y ricas el crecimiento de la población se detiene voluntariamente. La población tiende a estabilizarse (¡a veces a disminuir!). Esto es algo nuevo en la historia de la especie humana.

Toda esta evidencia permite defender la idea de que estamos acercándonos a un superevento tecnológico tal como el modelo de aceleración de la historia predice.

¿Cuándo ocurrirá el super-evento?

Tenemos diferentes estimaciones. La “ley” de Adams predice algún momento entre el 2040 y el 2070. Sabemos que esta estimación es imprecisa.

El modelo de la progresión geométrica predice 2060. Esta cifra es bastante precisa. Para ajustar el Cuadro 5 solamente tenemos un parámetro: la razón de la progresión geométrica. Un cambio pequeño en este número provoca una gran dispersión de las fechas.

Cuadro 6: Cifras del crecimiento global de la población mundial.

fecha	velocidad
1957	1,60 % anual [7]
1990	1,59 % anual [8]

El crecimiento demográfico actual permite realizar una estimación mediante la ecuación global de población. Si tomamos la derivada logarítmica de la ecuación tenemos

$$\frac{1}{P} \frac{dP}{dt} = \frac{1}{t_z - t}$$

Esta ecuación predice un crecimiento demográfico en forma creciente. En el Cuadro 6 hay algunas estimaciones recientes sobre la velocidad de crecimiento de la población del planeta.

El crecimiento de la Sociedad Capitalista

Como especie biológica la población humana debe, tarde o temprano llegar a un límite estable, tal como ocurre con las demás especies. Es nuestra tesis que la población humana alcanzará su límite planetario en un futuro próximo. Esto supone límites para la presente sociedad capitalista.

La sociedad capitalista se propone construir una sociedad global, sin fronteras de ningún tipo, un mercado global, una única economía. Esta visión parece muy exacta si examinamos la historia de los últimos siglos.

Este nuevo enfoque nos permite una nueva estimación sobre el super-evento. ¿Cuándo la sociedad capitalista alcanzará su meta global?

Unas breves consideraciones históricas nos ayudarán a comprender el problema. En el siglo XVI la Europa capitalista comenzó la conquista global del planeta. El Sistema Colonial fue el resultado. Las guerras mundiales del siglo XX condujeron a la destrucción del Sistema Colonial y a una nueva concepción del planeta global.

En el siglo XIX se desarrolló la idea de una nueva sociedad, post-capitalista. Fueron los pensadores socialistas, Marx y Engels entre ellos en su “Manifiesto Comunista”, que intentaron precisar y teorizar sobre esta idea. En el siglo XX la “nueva” sociedad se “puso en marcha” (en la Unión Soviética, China y otros lugares del planeta). Ahora parece claro que estos “experimentos” no funcionaron como se esperaba. En los últimos 30 años, por el contrario, aparecieron nuevos países capitalistas en zonas inesperadas (los “tigres asiáticos”, Taiwan, Corea, etc., por ejemplo).⁶ Es por esta razón que podemos preguntarnos seriamente acerca del momento en que la economía capitalista dominará efectivamente en todo el planeta.

El primer paso para responder esta pregunta es recoger algunos números. En el Cuadro 7 se presentan algunas estimaciones para la población bajo la economía capitalista y la población total del planeta.

¿Crece la sociedad capitalista (o países desarrollados según el eufemismo corriente) dentro de la población mundial? Se afirma con una cierta ligereza (sin cifras convincentes) que la pobreza aumenta en el mundo. Esta visión pesimista establece que la población del Tercer Mundo (o subdesarrollado o en vías de desarrollo según la expresión favorita) crece más rápido que la economía. Esta posición puede defenderse con cifras de los últimos 40 años porque no es simple, en un período tan breve, detectar avances reales de la economía en el mundo. Las cifras del siglo XIX o de comienzos del siglo XX usualmente no se consideran y por esta razón parece crecer la pobreza en el planeta.

El Cuadro 7 y un modelo matemático adecuado permitirán responder la pre-

⁶ A los “tigres” de fines del siglo XX siguieron los BRICS de comienzos del siglo XXI, Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica con un vigoroso desarrollo capitalista.

Cuadro 7: Estimación de la población viviendo en sociedades capitalistas (millones de habitantes).

fecha	bajo el capitalismo	total del planeta	% del total	notas
1825	40	–	–	<i>a</i>
1914	296	1.629	18,1 %	<i>b</i>
1951	527	2.519	20,9 %	<i>c</i>
1979	1.022	4.293	23,8 %	
1990	1.209	5.248	23,0 %	<i>d</i>

^a Incluye Inglaterra, Gales, Escocia, Holanda, Bélgica, Suiza y la mitad de la población de Francia. Las cifras son de [5].

^b Incluye Inglaterra, Gales, Escocia, Holanda, Bélgica, Suiza, Francia, Alemania, Italia, Austria, Hungría, Estados Unidos y Japón. Las cifras son de [6].

^c Las cifras son de [7]. Se asimilan los países “desarrollados” con lo capitalistas.

^d Las cifras son de [8]. Se asimilan los países “desarrollados” con lo capitalistas.

gunta con una cierta precisión.

El modelo capitalista global

Hay muchos modelos de la población mundial, en este trabajo agregaremos otro más. Este modelo es de tipo markoviano. Tiene dos estados básicos: una persona vive bajo una sociedad capitalista o en un país subdesarrollado, no hay más alternativas consideradas. Se hacen las siguientes hipótesis simplificadoras:

- la economía capitalista crece en forma exponencial;
- a población de las sociedades capitalistas crece en forma exponencial (o no crece);
- a población de la sociedades subdesarrolladas crece en forma exponencial;
- cada año la economía capitaliza “toma un trozo” del planeta en la medida que los excedentes económicos lo permiten.

El modelo conduce a ecuaciones matemáticas muy simples

$$D_{n+1} = k D_n \quad U_{n+1} = a U_n + (k - b) D_n$$

donde

- D es la población de las zonas capitalista
- U es la población de las zonas subdesarrolladas
- a crecimiento anual de la población de los países subdesarrollados
- b crecimiento anual de la población bajo la economía capitalista
- k crecimiento anual de la economía capitalista

Estos parámetros puede ajustarse de manera de acercarse a los valores del Cuadro 7.⁷ Los resultados se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro 8: Estimación markoviana de la población viviendo bajo la economía capitalista (millones de personas).

fecha	capitalista	total mundial
1825	10	480
1914	139	1.860
1951	414	3.158
1979	948	4.580
1990	1.313	5.255

Este modelo matemático simple da una respuesta clara al problema: las sociedades bajo el capitalismo crecen porque los países subdesarrollados se transforman en capitalistas. Esto seguirá así porque la velocidad de crecimiento de la economía capitalista es mucho mayor que el crecimiento de la población humana.⁸

También podemos dar una fecha precisa para que la economía capitalista cubra todo el planeta. En 2053 el modelo predice que no existirán zonas subdesarrolladas en el planeta. La población total estabilizará en 8,67 miles de millones de habitantes, sin crecimiento de población.

La Figura 2 muestra la manera como la economía capitalista penetra a la población mundial y descienda la población subdesarrollada. El resultado final es una economía capitalista mundial. Para que esto ocurra, solamente debemos esperar hasta la segunda mitad del siglo XXI.⁹

La zona debajo de la curva corresponde a las economías no capitalistas. Es notorio que la penetración es lenta al principio (solamente un 30 % del planeta hacia el 2000) y luego adquiere características vertiginosas.

⁷ El valor de los parámetros usados para el ajuste son: $a = 1,016$ (1,6 % anual, crecimiento típico de la población); $b = 1$ (hipótesis simplificada de no crecimiento); $k = 1,030$ (3 % anual, crecimiento típico de la economía capitalista).

⁸ Uno de los puntos que estudia el próximo artículo tiene que ver con la expansión de la sociedad capitalista, el bienestar material y la célebre predicción de Marx de “cada vez más pobres más pobres”. En este artículo no se entra en el análisis del problema social.

⁹ Afirmar que la pobreza aumenta en el planeta puede ser cuestionable. No existen cifras confiables acerca de la pobreza en el siglo XIX o más atrás. Es incuestionable que cada vez tenemos más información y más conciencia acerca de la pobreza, pero esto no quiere decir –necesariamente– que la pobreza aumenta.

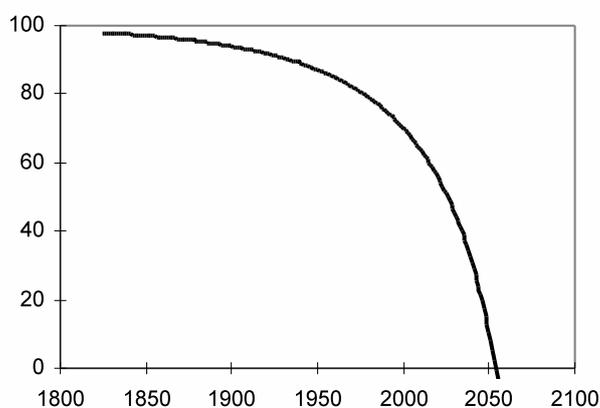


Figura 2: Descenso porcentual de la economía subdesarrollada.

El fin del hombre tecnológico

Las diferentes estimaciones de fecha para el super-evento se presentan en el Cuadro 9. Hay una coincidencia grande en los valores: ocurrirá en algún momento hacia la mitad del siglo XXI.

Cuadro 9: Fecha estimada para el super-evento.

método de estimación	fecha estimada	precisión
ley de Adams	2040 a 2070	pobre
progresión geométrica	2060	muy grande
crecimiento de la población	2053	grande
crecimiento capitalista	2053	razonable

¿Qué ocurrirá luego del super-evento? Podemos formarnos una idea de la situación. La economía capitalista dominará el planeta. Esto quiere decir que no tiene más espacio vital para crecer. Como el supuesto básico de este modo de producción es el crecimiento, lo que se puede esperar es que entre en crisis: no tiene nuevos mercados para conquistar y expandirse y no puede continuar vendiendo todo lo que fabrica.

La ciencia y la tecnología no serán capaces de continuar produciendo nuevos conocimientos porque aparecerán barreras de limitación en todas partes. Por otra parte, el ritmo a que se le demandan innovaciones continuará en aumento. Esto se asemeja a una crisis general de la ciencia y de la tecnología.

La población del planeta no crecerá más. En contra de las predicciones catastrofistas, el planeta permitirá vivir confortablemente a sus habitantes en medio de un bienestar material muy grande, tal como suministran los países desarrollados actuales.

Este escenario puede ser llamado “el fin del hombre tecnológico”. También

puede ser llamado la realización de la predicción marxista: la sociedad capitalista es incapaz de desarrollarse más de modo que se convierte en un obstáculo para el progreso; debe entrar en crisis interna y destruirse para dejar paso a una nueva sociedad. Esta sociedad nueva parece ser la sociedad futura, ideal y final de los socialistas: puesto que no se pueden realizar cambios científicos ni tecnológicos, permanecerá estable y quieta en sus aspectos materiales.¹⁰

Las ideas presentadas en este trabajo pueden ser sometidas a una refutación de tipo popperiana 1, no necesitamos esperar hasta la mitad del siglo XXI para estudiarlas. Las siguientes predicciones pueden ser sometidas a refutación experimental:

- Existe un evento tecnológico importante en el pasado arqueológico del hombre que ocurrió hace 130.000 años aproximadamente. Este evento es comparable al fuego o la agricultura.
- La población histórica del hombre puede ser contrastada contra las cifras del Cuadro 5.
- El avance del capitalismo en el planeta puede ser contrastado contra el modelo markoviano presentado aquí.
- El super-evento en el siglo XXI posiblemente ocurra en forma gradual. En el transcurrir del siglo XXI deberemos encontrar nuevas evidencias de su proximidad.

Puesto que la esencia del movimiento es la paradoja, la paradoja final de la sociedad capitalista es que la destrucción de la economía socialista significa un avance importante hacia la globalización de la economía capitalista y, finalmente, es una prueba de la exactitud de las predicciones marxistas.

Referencias

- [1] Mensch, Gerhard. *Stalemate in Technology*. Cambridge, 1979.
- [2] Huxley, Julian. *World Population*. Sc. Am. Mar-1956, p. 64-76.
- [3] Coale, Ansley J. *The History of the Human Population*. Sc. Am. Sep-1974, p. 40-51.

¹⁰ El desafío de imaginar una sociedad nueva contiene –entre otros ingredientes– la proeza de imaginarla sin ciencia, tecnología ni progreso material. Esto apunta a una sociedad espiritual, una vuelta de tuerca de la sociedad actual. Se trata ahora de la ley de la negación de la negación. En *Las Leyes de “El Capital”* se comparaba a la sociedad futura con un retorno a un tipo de feudalismo. Por esta razón no son Locke ni Jefferson los que nos pueden guiar en esta tarea, tal vez el pensamiento de San Agustín sea más interesante.

- [4] Keyfitz, Nathan. *The Growing Human Population*. Sc. Am. Sep–1989, p. 71–77.
- [5] Malte–Brun. *Précis de la Géographie Universelle*. 4ème ed., Paris, 1836.
- [6] *Enciclopedia Universal Ilustrada*. Espasa Calpe, Bilbao, 70 Vols.
- [7] *Report on the World Social Situation*. United Nations, New York, 1957.
- [8] *World Almanac*, New York, 1989.
- [9] Livi–Bacci, Massimo. *A Concise History of World Population*. Cambridge, 1992.