

## DETERMINISMO TECNOLÓGICO Y ECOLOGÍA

Rafael Pla López  
Universitat de València

¿De qué manera condiciona el desarrollo de las fuerzas productivas la evolución global de la humanidad?

En el marco del "optimismo tecnológico" propio del siglo XIX y primera mitad del XX, podía pensarse en que un crecimiento ilimitado de las fuerzas productivas, traducido en un crecimiento cuantitativo de la producción, ejercería una presión irresistible sobre los obstáculos sociales a tal crecimiento, conduciendo a una "sociedad de la abundancia" en la que la escasez sería arrojada al museo de la historia junto al torno de hilar y el hacha de bronce, arrastrando con ella al Estado y a las clases sociales, según la conocida frase de Engels: *"Ahora nos aproximamos a paso de gigante a un grado de desarrollo de la producción en que, no sólo ha dejado de ser una necesidad la existencia de estas clases, sino que ha llegado a ser un obstáculo positivo para la producción. Las clases desaparecerán tan fatalmente como surgieron. La sociedad, que organizará de nuevo la producción sobre las bases de una asociación libre e igualitaria de los productores, transportará toda la máquina del Estado allí donde, desde entonces, les corresponde tener su puesto: al museo de antigüedades, junto al torno de hilar y junto al hacha de bronce"* (F.Engels, "El origen de la familia, la propiedad privada y el Estado").

El mismo Marx abunda en el concepto de una sociedad comunista a la que se llegaría *"cuando, con el desarrollo de los individuos en todos sus aspectos, crezcan también las fuerzas productivas y corran a chorro lleno los manantiales de la riqueza colectiva"* (K.Marx, "Crítica del programa de Gotha").

Hay que destacar, con todo, que si bien el "materialismo histórico" desarrollado por Marx y Engels supone que el desarrollo de las fuerzas productivas *determina, en última instancia*, la evolución completa de la sociedad, ello no implica necesariamente que esta evolución pueda deducirse y preverse, sin más, a partir de dicho desarrollo. De hecho, la fractura a principios del siglo XX entre las corrientes de pensamiento marxista que se plasmaron en la Segunda y la Tercera Internacional tenía una de sus raíces en la diferente consideración de dicha determinación: la corriente que se desarrolló a partir de las propuestas de Berstein llevó a lo que ha sido calificado como un "determinismo economicista", según el cuál el desarrollo económico del capitalismo llevaría de forma espontánea, como una fruta madura, al fin del capitalismo y el advenimiento del socialismo; por el contrario, la corriente encabezada por Lenin insistiría en la importancia del factor subjetivo, del desarrollo de una organización revolucionaria cuya acción voluntaria y consciente sería necesaria para derribar el capitalismo y abrir paso al socialismo.

De hecho, en los mismos escritos de Marx y Engels, si bien podemos encontrar textos como los citados que inducen a pensar en una evolución social fatalista, necesaria e inevitable, también son abundantes los textos en los que se refiere a los agentes humanos imprescindibles para que el cambio social se haga realidad, como en el conocido texto que habla del proletariado como enterrador del capitalismo: *"Y la burguesía no sólo forja las armas que han de darle muerte, sino que, además, pone en pie a los hombres llamados a manejarlas: estos hombres son los obreros, los proletarios"* (K.Marx y F.Engels, "El Manifiesto Comunista").

Podríamos decir que si en la esfera de la infraestructura económica rige la necesidad y el determinismo en los procesos de su desarrollo, la esfera de la superestructura político-cultural depende de un sinnúmero de decisiones individuales que introducen un factor de incertidumbre en la evolución social.

La actual teoría matemática del caos determinista puede ayudarnos a entender mejor la presunta interacción entre esas dos esferas: actualmente sabemos que aunque todos los procesos involucrados estén regidos por leyes deterministas, a partir de un determinado nivel de complejidad ello no implica que su evolución sea necesariamente predecible. En el caso que nos ocupa, la multiplicidad de agentes que intervienen en la superestructura puede ser un generador de impredecibilidad.

De hecho, podríamos hablar de un determinismo exclusivamente tecnológico, que gobernaría el desarrollo de las fuerzas productivas y, si acaso, de las relaciones técnicas de producción, e incidiría sobre las relaciones sociales de producción y la superestructura político-cultural, sin perjuicio de que éstas condicionen también su desarrollo. Pero tal determinismo tecnológico, induciendo una presión persistente sobre el resto de la estructura social, debería conducir más pronto o más tarde a remover los obstáculos a su desarrollo, de tal manera que los factores subjetivos, superestructurales, podrían influir en el ritmo, pero no en el destino final de la evolución social.

Ahora bien, para ello es necesario que el desarrollo de las fuerzas productivas, como el desarrollo tecnológico, sea un proceso lineal, unidireccional. Lo cuál requiere que sea posible un crecimiento cuantitativo ilimitado de la producción. Si, por el contrario, dicho crecimiento comienza a chocar con los límites del planeta Tierra, con los límites ecológicos al desarrollo, se encontrará con tendencias contrapuestas que harán que el proceso sea más complejo y deje de ser lineal. Y ello ya no en el conjunto de la estructura social, en las contradicciones entre infraestructura y superestructura, sino dentro mismo de la infraestructura tecnológico-productiva.

Ello cuestiona el determinismo tecnológico: a partir de un cierto punto, el desarrollo tecnológico genera incertidumbre.

Una forma dramática de dicha incertidumbre ha sido la amenaza de hecatombe nuclear. Con el desarrollo de las armas nucleares, y por primera vez en la historia, los seres humanos han adquirido la capacidad de destruir bruscamente la vida sobre el planeta Tierra. Ello ha supuesto una espada de Damocles sobre la misma supervivencia de la humanidad. Actualmente, y aunque el fin de la guerra fría entre superpotencias haya difuminado el peligro de hecatombe nuclear, hay que recordar que el armamento nuclear aún existente tiene capacidad sobrada para la aniquilación de la biosfera.

Una amenaza más insidiosa es la de la hecatombe ecológica. No es una amenaza de un día para otro, pero se multiplican los indicios de que, si no cambian el modelo y el ritmo del desarrollo económico, el agotamiento de las fuentes accesibles de energía, las consecuencias climáticas de la emisión de gases que generan un efecto invernadero y una contaminación galopante van a tener a corto o medio plazo consecuencias catastróficas para la vida sobre el planeta. Además, y a diferencia de la hecatombe nuclear, que se mantenía con un carácter de amenaza, la degradación ecológica encaminada hacia la hecatombe ecológica tiene consecuencias factuales en el presente. El encarecimiento de las fuentes de energía, los cambios climáticos, el problema de los

residuos o los fallos en la seguridad alimentaria son cuestiones cotidianas que afectan a la vida de hoy. Los límites del crecimiento no constituyen un horizonte más o menos lejano, sino que están ya entre nosotros, manifestándose por ejemplo en el colmado de los vertederos y en las dificultades para deshacernos de los residuos que generamos masivamente todos los días, o en el incremento del precio de la gasolina, por no hablar de catástrofes puntuales como la derivada del hundimiento del *Prestige*.

Por lo que se refiere a la dinámica global, el proceso sigue una pauta matemática bien conocida: el crecimiento de una población (de bacterias o de científicos) sin causas que la contrarresten tiende a seguir una ley exponencial. Pero cuando el crecimiento choca con unas condiciones de contorno (escasez de nutrientes, límites en la capacidad del sistema educativo, etc.) la curva exponencial se "frena" tendiendo a transformarse en una logística que no puede superar una cierta cota. Ello afecta también, entre otras cosas, al mismo desarrollo de la ciencia y de la técnica cuando se mide en términos cuantitativos (número de científicos y de técnicos, número de publicaciones, etc.). El proceso en sí viene provocado por el choque de tendencias contrapuestas, con la aparición de lazos de retroacción, que hacen que el sistema deje de ser lineal. Ahora bien, en un sistema complejo, con múltiples factores actuantes, la no linealidad genera impredecibilidad.

En el mundo actual esta impredecibilidad, además, no afecta únicamente a los ritmos del proceso evolutivo, sino a su mismo destino final: por ejemplo, no podemos tener la seguridad de evitar ni de caer en una hecatombe ecológica; incluso el peligro de una hecatombe nuclear no ha desaparecido del horizonte. En estas condiciones, es la misma supervivencia de la humanidad la que está en duda.

Y hay que decir que, tal como están las cosas, la duda puede considerarse optimista. Pues lo cierto es que la extrapolación de las formas actuales de producción y consumo conduce directamente hacia la hecatombe ecológica, o por lo menos hacia un agotamiento de la disponibilidad de energía y materias primas que provocaría un hundimiento de la civilización tal como la conocemos. La esperanza radica en que pueda llegar a cambiarse el actual modelo de producción y consumo. Y que se cambie a tiempo. Pues ciertamente, parece razonable pensar que a medida que los signos de degradación ecológica se van haciendo más ominosos, la conciencia ecológica generada induzca cambios de comportamiento para frenar dicha degradación. Pero no está claro que dichos cambios de comportamiento se produzcan con suficiente rapidez, o bien cuando se vean las orejas al lobo ya sea demasiado tarde para evitar ser devorados por él. Por ejemplo, actualmente se extiende, por lo menos en los países llamados desarrollados, la práctica del reciclaje. Pero el simple reciclaje es insuficiente: como desde los movimientos ecologistas se viene insistiendo, el reciclaje debería ser el último paso, después de la reducción del consumo y de la reutilización de los productos. Reducción y reutilización, sin embargo, requieren cambios más drásticos en el modelo de consumo, para los cuáles la inercia del mismo genera mayor resistencia.

En el grupo de investigación en Teoría de Sistemas del Departamento de Matemática Aplicada de la Universitat de València hemos estado trabajando precisamente en un modelo matemático de evolución social. En las primeras versiones de dicho modelo, la disyuntiva fundamental era si llegaría o no a superarse una "sociedad plenamente represiva" (asimilable a un imperialismo con capacidad de destrucción nuclear) hacia una "sociedad científica libre" (asimilable a lo que Marx llamaba sociedad comunista,

sin clases y sin Estado). Bajo determinadas condiciones, la fuerza de la represión parecía impedir indefinidamente la evolución ulterior. Pero podría decirse que, en tanto hay vida, hay esperanza: cambios ulteriores podrían superar los obstáculos a la evolución. No obstante, la introducción de los límites ecológicos abre una tercera opción, la hecatombe ecológica, que ya es un punto sin retorno. Y precisamente la capacidad de evitar la hecatombe ecológica dependía en buena medida de la rapidez de la adaptabilidad del comportamiento ante la degradación ecológica.

Es esencial, por tanto, el hecho de que los factores superestructurales, político-culturales, situados en el ámbito de la incertidumbre, ya no sólo aceleren o frenen el ritmo de la evolución social, sino que puedan cambiar su sentido.

Con todo, sí es posible hacer alguna predicción en relación al desarrollo tecnológico, por lo menos como predicciones negativas.

La primera es que el desarrollo tecnológico es irreversible salvo hecatombe total o parcial (que, aunque no destruyera a la humanidad, sí destruyera a la comunidad científico-técnica): la humanidad no puede "desaprender" las técnicas aprendidas. No es posible anular, por ejemplo, el conocimiento de las armas nucleares o de la ingeniería genética. Cualquier pretensión en ese sentido sería fútil: no es posible volver a poner el genio dentro de la botella. Pero también resulta fútil la prohibición de la investigación teórica o de su difusión: toda vulneración de dicha prohibición generará, previsiblemente, una situación irreversible, cosa que hace tal prohibición tremendamente inestable.

La segunda es que el crecimiento cuantitativo de la producción, medido en toneladas de productos o en cantidad de energía utilizada, no puede proseguir indefinidamente en un planeta finito (y cuyos límites están ya peligrosamente cerca): a partir de un determinado punto, el único desarrollo viable es el desarrollo cualitativo, si es que la pérdida de los equilibrios planetarios no provoca un hundimiento de la civilización.

Pero el desarrollo cualitativo, a diferencia del cuantitativo, no es predecible. Y ello por su misma naturaleza: no podemos predecir la emergencia de cualidades nuevas, precisamente porque, por ser nuevas, no se deducen de la situación anterior.

Y ello ya no es un problema de caos determinista. En tal caos, el futuro está predeterminado por el pasado, y por tanto de alguna manera contenido en él. Y si no podemos predecirlo es simplemente porque las ecuaciones que rigen la evolución son demasiado complejas para poder resolverlas. Pero en un desarrollo cualitativo, lo nuevo no está contenido en lo anterior: la incertidumbre sobre el futuro es esencial.

La Teoría de la Información trata precisamente con el manejo de la incertidumbre: un incremento de Información es una reducción de incertidumbre. Una reducción, podemos decir, del grado de desorganización del sistema: de su entropía. Y la entropía se rige por el Segundo Principio de Termodinámica, según el cuál la entropía en un sistema cerrado no puede disminuir. Dicho de otro modo: la Información contenida en un sistema sólo puede aumentar si es un sistema abierto, a través de las interacciones con su entorno.

El Segundo Principio de Termodinámica, a diferencia del primero, no es un principio de conservación: sólo establece unas condiciones de contorno, afirma qué es lo que no

puede pasar. El Primer Principio de Termodinámica, por el contrario, es un principio de conservación, de conservación de la energía: trata con magnitudes normalmente regidas por leyes deterministas. El Segundo Principio, en cambio, trata con la incertidumbre.

El Segundo Principio de Termodinámica, además, establece la fragilidad de la vida, la fragilidad esencial de la complejidad: de acuerdo con él, un sistema complejo sólo puede esquivar la tendencia a degradarse siendo un sistema abierto, interaccionando con su entorno, "expulsando" entropía al mismo. La posibilidad de incrementar su complejidad está limitada por la posibilidad de "chupar" de su entorno Información, neguentropía (entropía negativa).

La revolución industrial estaba basada en las ciencias de la energía. Eran unas ciencias arrogantes, asentadas en un determinismo tecnológico: aunque se era consciente de la necesidad de consumir energía del entorno, éste parecía no tener límite, no poner impedimentos a un crecimiento ilimitado. Por el contrario, el actual desarrollo tecnológico está basado en buena medida en las ciencias de la Información, en un contexto en el que los límites del entorno se han hecho patentes. En unas ciencias que están obligadas a ser humildes: tratan con las incertidumbres del futuro.

Singularmente, la misma revolución científico-técnica que pone a las ciencias en el centro del desarrollo económico exige poner el acento en su fragilidad. En el siglo XIX y primera mitad del XX, podía concebirse el desarrollo como una aplicación sin límites de unas ciencias sólidas, asentadas en suelo firme. Ahora sabemos que la solución de los actuales problemas económicos y sociales debe basarse en la investigación científico-técnica, es decir, en conocimientos y técnicas que todavía no existen, que actualmente yacen en la incertidumbre.

Al mismo tiempo, ello hace descansar más plenamente en la responsabilidad humana el desarrollo socioeconómico: más allá del trabajo humano como apéndice de las máquinas propias de la revolución industrial, es en la innovación humana donde radica la construcción de un futuro que no está escrito, en correspondencia con la relevancia de la superestructura político-cultural para que ese futuro pueda llegar a existir. En una situación en que parte de tal superestructura, la que tiene que ver con la investigación científico-técnica, es un componente esencial de la infraestructura económica, en un lazo de retroacción que es un factor relevante de la no linealidad de la evolución social.

Ahora sabemos, pues, que el futuro al que podemos aspirar, pero que nadie nos puede prometer, no es una sociedad de la abundancia, no es más de lo mismo. Y aunque podamos afirmar, con Marx y Engels, que sólo puede basarse en "*el desarrollo de los individuos en todos sus aspectos*", como "*una asociación en que el libre desarrollo de cada uno condicione el libre desarrollo de todos*" (K.Marx y F.Engels, "El Manifiesto Comunista"), ello no será porque "*corran a chorro lleno los manantiales de la riqueza colectiva*", sino porque será la única opción para un desarrollo que no se asiente en un determinismo tecnológico, sino en la creatividad humana desde el respeto a los límites ecológicos de nuestro planeta.

### **Bibliografía:**

- Alcántara,T, "Para reducir recursos: durabilidad", en El Viejo Topo, octubre de 2003
- Álvarez Cantalapiedra,S. y Carpintero Redondo,O., "Consumo y necesidades humanas: una relación problemática en la era de la crisis ecológica y la globalización", en Mientras Tanto, 73, 1998
- Bahro,R., "La alternativa", Alianza Editorial, Madrid, 1979 (ed.original 1977)
- Cáceres, J., "Residuos, consumo y ciudadanía", Área Federal de Ecología de Izquierda Unida, 2003
- Castellar Busó, V., "Un model sistèmic d'evolució social sostenible", Departament de Matemàtica Aplicada Universitat de València, València, 1998, <http://www.uv.es/~buso/tesi/>
- V.Castellar-Busó, V. y Pla-López, R., "Un modelo de desarrollo sostenible opuesto a la hecatombe ecológica", en Revista Iberoamericana de Autogestión y Acción Comunal, 32, 1998 (ed.original 1997 ( [http://www.uv.es/~buso/wacra/wacra\\_cas.html](http://www.uv.es/~buso/wacra/wacra_cas.html) )
- Engels,F., "El origen de la familia, la propiedad privada y el Estado", Ed.Fundamentos, Madrid, 1970 (ed.original 1884)
- Forrester, J.W., "World Dynamics", Wright-Allen Press, Cambridge, 1971
- Guillaumaud,J., "Cibernética y lógica dialéctica", Ed.Artiach, 1971
- Marx,K., "Crítica del programa de Gotha", en Obras escogidas de Marx y Engels, II, Ed.Fundamentos, Madrid, 1975 (ed.original 1891)
- Marx,K. y Engels,F., "El Manifiesto Comunista", Ed.Ayuso, Madrid, 1975 (ed.original 1848)
- Price,D.J.S., "Hacia una ciencia de la ciencia", Ed.Ariel, 1973 (ed.original 1963)
- Richta,R., "La civilización en la encrucijada", Ed.Artiach, 1972 (ed.original 1968)

### **Cuestionario:**

1. ¿Qué está determinado? ¿La evolución social, la economía...?
2. ¿Dónde radica la incertidumbre? ¿En los factores subjetivos, en la infraestructura económica...?
3. ¿Cuándo chocamos con los límites del crecimiento? ¿En el futuro, en el presente, en el pasado?
4. ¿Dónde están los límites al desarrollo? ¿En el tamaño de la producción, en el progreso de las ciencias...?
5. ¿La creatividad humana pertenece a la infraestructura o a la superestructura social?

6. ¿De qué manera condiciona el desarrollo de las fuerzas productivas la evolución global de la humanidad?