

*José Luis Luján*

## **Variación y selección. El darwinismo y la evolución de los artefactos**

*José Luis Luján*

*Universidad de las Islas Baleares*

09 de febreiro de 2001

---

### **1 - El darwinismo y sus extensiones**

El modelo de explicación darwinista analiza el proceso evolutivo como producto de la interacción entre los organismos y su entorno. La selección natural actúa sobre pequeñas diferencias existentes entre los individuos de una población. Estas diferencias, la variación, son hereditarias y aparecen aleatoriamente. Algunas de ellas confieren a sus portadores ventajas respecto a sus vecinos en relación con su interacción con el ambiente. Estos individuos obtienen ventajas reproductivas y sus características aumentan de frecuencia generación tras generación.

Éste no sólo es el núcleo central del darwinismo, sino también de la actual teoría sintética de la evolución. Las aportaciones posteriores a Darwin se realizaron principalmente en el ámbito de la genética, clarificando los procesos de herencia, mutación y evolución molecular.

No parece exagerado conceptualizar el darwinismo como una revolución intelectual. El darwinismo no sólo ha constituido el marco en el que se ha desarrollado gran parte de las ciencias biológicas en el siglo XX. Ha representado también, ya desde sus orígenes, una amplia transformación cultural.

El modelo darwinista de explicación ha sido utilizado también en las ciencias humanas y sociales. Son tres los modos principales en que se ha producido esta extensión del darwinismo (Sober 1991; Sober 1993). Es posible, en primer lugar, aplicar el modelo darwinista a características comportamentales humanas, del mismo modo que a cualquier otro rasgo fenotípico. La sociobiología es la propuesta más conocida en esta línea, pero podría considerarse también otras disciplinas como la genética de la conducta. Aquí la eficacia biológica y la herencia genética son los conceptos básicos.

Otro modo de extender el modelo darwinista es mantener la eficacia biológica, pero cambiando la herencia genética por la transmisión cultural. Un ejemplo clásico a este respecto es una de las posibles explicaciones del tabú del incesto. Este tabú aumenta la eficacia biológica, pero no es necesario considerar que su modo de transmisión sea genético. Es posible explicar el tabú del incesto mediante un modelo darwinista que apele a la eficacia biológica y a una transmisión cultural de dicha norma. La transmisión genética es vertical, mientras que la transmisión cultural puede ser vertical, horizontal u oblicua.

Es posible, por último, utilizar modelos darwinistas en los que no se utilicen los conceptos de eficacia biológica ni de herencia genética. Algunas de las propuestas de epistemología evolucionista corresponderían a este modo de expansión del modelo darwinista.

Según Karl R. Popper se puede hablar de una lucha por la existencia entre las teorías científicas. Las mejores se difunden en el seno de las comunidades científicas, mientras que las inferiores tienden a desaparecer (Popper 1972). Esta versión de la epistemología evolucionista ya había sido sugerida por Thomas Henry Huxley hacia finales del siglo pasado. Steven Toulmin (1972), Donald Campbell (1974) y David Hull (1988) han elaborado modelos de epistemología evolucionista de este tipo. Algunos de los modelos de transmisión cultural elaborados por Luigi Luca Cavalli-Sforza y Marcus Feldman pertenecen también a este grupo.

Considerando el modo de transmisión y el tipo de selección, hay cuatro clases de modelos evolucionistas: evolución biológica por selección natural, evolución biológica por selección artificial, evolución cultural por selección natural y evolución cultural por selección artificial.

### Modelos de evolución

	<b>Transmisión genética</b>	<b>Transmisión cultural</b>
<b>Selección natural</b>	<b>Evolución biológica por selección natural</b>	<b>Evolución cultural por selección natural</b>
<b>Selección artificial</b>	<b>Evolución biológica por selección artificial</b>	<b>Evolución cultural por selección artificial</b>

Los modelos de evolución tecnológica que voy a considerar en este trabajo son, como veremos, de evolución cultural por selección artificial. Además de los modos de transmisión y de selección, otras características importantes de los modelos de evolución son el carácter de la variación (intencional o no intencional) y la relación entre variación y selección (independiente o no independiente). Al analizar los modelos evolucionistas de cambio tecnológico se constatará la importancia de ambas características en la evolución cultural.

## 2 - Organismos y artefactos

Conviene señalar que con anterioridad al darwinismo, las analogías se establecieron desde lo mecánico a lo orgánico. Desde el Renacimiento fue habitual la descripción de los seres vivos, sobre todo de los animales, como compuestos de mecanismos. El darwinismo supondrá también un cambio en la dirección en el movimiento metafórico.

### Primeras aplicaciones

En el volumen I de *El capital*, Karl Marx interpreta el trabajo de Darwin como un estudio de lo que llama tecnología natural: la formación de los órganos de plantas y animales que sirven como los instrumentos de producción para sostener su vida. Y se pregunta: “¿No merece la misma atención la historia de los órganos productivos del hombre en la sociedad, o los órganos que son las bases materiales de cualquier organización concreta?”.

Marx utiliza explícitamente el modelo darwinista para explicar la diversidad de artefactos. Señala que, por ejemplo, en Birmingham se producen 500 variedades de martillos, y que no sólo cada una está adaptada a un proceso concreto, sino que algunas sólo son útiles para operaciones particulares en el mismo proceso. Cada variedad de martillo está adaptada a cada tipo de tarea.

Jon Elster comenta el modelo de evolución de la técnica del teólogo y demógrafo noruego Eliert Sundt. Tras una visita a Inglaterra en 1862, Sundt empleó el marco conceptual darwinista para el estudio etnológico de los procesos de construcción de casas y botes. Veamos un ejemplo extraído de una conferencia dictada en 1862.

“Un constructor de botes puede ser muy habilidoso y a pesar de ello nunca hará dos botes exactamente iguales, aunque se esfuerce por lograrlo. Las variaciones que surgen de este modo pueden llamarse accidentales. Pero hasta una variación muy pequeña generalmente se observa durante la navegación, y entonces no es accidental que los marineros reparen en aquel bote que ha sido mejorado o que es más conveniente para su propósito, y que deberían recomendar para que sea elegido para ser imitado... Podemos creer que cada uno de estos botes es perfecto a su modo, ya que ha alcanzado la perfección mediante un desarrollo unilateral en una dirección particular. Cada clase de mejora ha progresado al punto en que un mayor desarrollo provocaría defectos que harían más que contrabalancear la ventaja... Y concibo el progreso del siguiente modo: cuando la idea de formas nuevas y mejoradas haya surgido primero, entonces una larga serie de experimentos prudentes, cada uno abarcando cambios extremadamente pequeños, podría concluir al feliz resultado de que del taller del constructor de botes surja un bote que todos desearían tener así” (Sundt 1862, citado en Elster 1983: 124).

La teoría de Sundt mantiene semejanzas con el modelo darwinista:

- (i) Las variaciones son, por lo menos en un primer momento, aleatorias;
- (ii) Las variaciones son pequeñas;
- (iii) El resultado de la variación puede resultar en una mejora del diseño;
- (iv) La imposibilidad de realizar copias perfectas es el origen de las variaciones;
- (v) Pequeñas variaciones producen efectos importantes.

La diferencia más importante es que el modelo de Sundt no es de selección natural, sino de selección artificial. Es el usuario, basado en sus percepciones, quien lleva a cabo la selección. Sundt, sin embargo, consideraba que el suyo era un modelo de selección natural. Esta confusión entre selección natural y selección artificial aparecerá en numerosos autores.

El general británico Augustus Henry Pitt-Rivers se interesó por la historia de las armas, reuniendo una colección de artefactos prehistóricos recogidos en Europa septentrional. Esta colección le planteó el problema de la ordenación de las diferentes armas, y fue en este punto donde encontró útil el modelo darwinista. Decidió ignorar el origen geográfico, las dataciones temporales y los contextos culturales, y ordenar su colección en secuencias de formas 'emparentadas'.

La teoría subyacente a la taxonomía de Pitt-Rivers era la naturaleza progresiva de la evolución de la cultura material humana. Consideraba, como muchos antropólogos del siglo XIX, que las distintas culturas dispersas en el planeta representan las diferentes etapas evolutivas por las que ha pasado la cultura. Esta idea fue común también a numerosos naturalistas.

En las últimas décadas han proliferado los trabajos que explícitamente utilizan el modelo evolucionista para estudiar el cambio tecnológico. Expondré aquí los enfoques surgidos en economía y en historia.

### **Economía evolucionista**

La economía evolucionista surge como respuesta al tratamiento dado por la economía neoclásica al cambio tecnológico. La economía neoclásica parte de premisas como la racionalidad del consumidor, la maximización de la ganancia como norma de conducta empresarial, el equilibrio, el mercado libre y la disponibilidad de información por parte de los agentes económicos. Desde este entramado conceptual, el cambio tecnológico es una consecuencia de la conducta maximizadora de los empresarios. Éstos seleccionan aquellas tecnologías cuyo 'impacto' socioeconómico conlleva una reducción del coste por unidad de producción (rebajando el número de trabajadores o empleando materias primas más baratas, por ejemplo).

Más que como resultado de la elección racional, los economistas evolucionistas conciben el cambio técnico como un proceso de ensayo y error (variación y selección). Richard Nelson y Sidney Winter, primeros teóricos de esta escuela de pensamiento, rechazan los conceptos de 'racionalidad maximizadora' y de 'equilibrio', y proponen como alternativas los procesos de 'búsqueda' (como forma de variación) y 'selección'. La meta no queda, pues, predeterminada por la maximización, sino por un tipo de satisfacción compatible con una amplia gama de patrones de comportamiento empresarial. De esta manera, las empresas que puedan hallar mejores técnicas o tecnologías y que utilicen mejores métodos de 'búsqueda', estarán en condiciones más apropiadas de competitividad y expansión. Al respecto, Nelson y Winter hablan tanto de 'trayectorias tecnológicas' como del 'ambiente (o entorno) de selección' (*selection environment*) (Nelson y Winter 1982).

Las diferencias entre el modelo de Nelson y Winter y el modelo darwinista son las siguientes (Elster 1983 y Vence 1995):

- (i) En Nelson y Winter no se producen equilibrios;
- (ii) Las variaciones no son aleatorias, sino el resultado de procesos intencionales de búsqueda;
- (iii) Las empresas no se reproducen, sino que aumentan o disminuyen de tamaño.

- (iv) El entorno de selección puede cambiar con la suficiente rapidez como para que puedan subsistir empresas eficientes e ineficientes.

Resulta interesante constatar que algunas de las controversias que se han producido en el evolucionismo biológico se han reproducido en las extensiones de ese modelo explicativo al ámbito de los artefactos. Me refiero en concreto a la controversia entre gradualismo y equilibrios puntuados. Algunos economistas evolucionistas han planteado la existencia de cambios revolucionarios y periodos de relativa estabilidad en el proceso de cambio tecnológico.

Giovanni Dosi ha introducido la noción de 'paradigma tecnológico'. Una de las realizaciones de un paradigma es una trayectoria tecnológica, condicionada por un entorno de selección específico. Un paradigma tecnológico define, a su vez, las necesidades que deben ser satisfechas, los principios científicos y las técnicas materiales que han de ser utilizados. En otros términos, un paradigma es un patrón para la solución de problemas tecnoeconómicos utilizando conocimiento científico (Dosi, 1982). Un paradigma tecnológico se caracteriza por un conjunto de 'ejemplares' (un automóvil o un circuito integrado, pongamos por caso, y sus particulares propiedades tecnoeconómicas), y unos principios heurísticos que orientan el esfuerzo innovador: ¿a dónde podemos llegar desde donde nos encontramos?; ¿qué podemos buscar?; ¿qué conocimiento nos puede ser de utilidad? En este sentido, un paradigma define las futuras oportunidades de innovación, y algunos de los procedimientos básicos para llevarlas a cabo, esto es, orientan y concentran el esfuerzo innovador en una dirección concreta.

Al utilizar el concepto de paradigma tecnológico (u otros similares), los economistas evolucionistas pretenden indicar que las 'mutaciones' tecnológicas ofertadas en el mercado no son aleatorias. Además, no sólo la selección sistemática del mercado provee una dirección al proceso de cambio tecnológico. Se trata, más bien, de un proceso de interacción entre aspectos cognitivos (variación) y aspectos socioeconómicos (selección).

### **Historia evolucionista de la tecnología**

El historiador George Basalla es otro de los autores que ha hecho un uso explícito del modelo darwinista para estudiar el cambio tecnológico. Basalla defiende que este modelo puede ayudar a superar las limitaciones tradicionales de la historia de la tecnología.

“Como la necesidad y la utilidad por sí solas no pueden explicar la variedad y novedad de cosas creadas por el ser humano, hemos de buscar otras explicaciones, especialmente unas que puedan incorporar las suposiciones más generales sobre la significación y metas de la vida. Esta búsqueda puede facilitarse aplicando la teoría de la evolución orgánica al mundo tecnológico” (Basalla 1988: 14)

Los conceptos básicos del modelo de Basalla son: diversidad, novedad, selección y continuidad. Veamos la aplicación de este modelo.

**Diversidad y novedad.** Basalla reconoce la inexistencia de un enfoque teórico unificado capaz de dar cuenta de la generación de innovaciones tecnológicas. Contempla dos grandes grupos de factores: los psicológicos e intelectuales (entre los que incluye la investigación científica), y los socioeconómicos y culturales. En cualquier caso, como para la mayoría de los evolucionistas, lo importante es la constatación de la variabilidad.

**Selección.** Basalla agrupa los factores selectivos en dos grandes grupos: factores económicos y militares, y factores sociales y culturales. Reconoce que pese al papel heurístico del modelo darwinista, la evolución de los artefactos y de los organismos mantienen significativas diferencias. La selección en el mundo de los artefactos es equivalente a la selección artificial, antes que a la selección natural. Son los humanos quienes deciden, influidos por factores de diferente índole, quienes deciden que artefactos sobreviven.

**Continuidad.** La continuidad es un punto crucial en el enfoque evolucionista de Basalla. La continuidad es el modo en que se 'reproducen' los artefactos, i.e., lo que favorece o impide los factores de selección. Los artefactos seleccionados se convierten en los antecedentes de una nueva generación, influyendo así en la configuración futura del mundo producido. Basalla, no obstante, considera que en la historia de la tecnología también se producen, de vez en cuando, discontinuidades.

### **3 - Las limitaciones de la analogía: coevolución de la variación y el entorno de selección**

La utilización del modelo evolucionista para explicar el cambio tecnológico ha proliferado durante la década de los años 80. Al mismo tiempo se han hecho evidentes las limitaciones de la analogía.

Algunas de estas limitaciones ya han sido mencionadas a lo largo de la presente exposición: 1) el carácter intencional de parte de la variabilidad en la evolución de los artefactos, 2) los modelos de evolución de los artefactos son antes modelos de selección artificial que de selección natural. Consideradas por separado, cada una de estas dos diferencias entre la evolución orgánica y la evolución de la tecnología no son más que limitaciones de la analogía; consideradas conjuntamente, la pueden destruir.

La selección natural es oportunista: otorga valores de reproducción a cada una de las variantes existentes de acuerdo con las circunstancias del momento. La evolución biológica no espera, no permite elaborar estrategias del tipo 'un paso hacia atrás y dos hacia adelante'. La selección artificial, por el contrario, permite mantener opciones abiertas para un uso posterior. Esta puede ser una estrategia racional por parte de mejoradores y obtentores. Pero en la selección artificial sólo se puede tener en cuenta la variabilidad existente y la variabilidad que aleatoriamente aparece. Si es posible influir intencionalmente sobre la cantidad y la dirección de la variabilidad, ya no estamos hablando de selección artificial.

Desde mi punto de vista la diferencia más importante entre el cambio en el mundo orgánico y el de la tecnología se encuentra en la relación entre la variación y el entorno de selección. En la teoría de la evolución por selección natural los procesos de generación de la variación y de selección natural son absolutamente independientes. La variación no está orientada en ningún sentido, sino que es aleatoria. Este es uno de los aspectos que fue más difícil de aceptar por parte de los contemporáneos de Darwin.

En la evolución de la tecnología, sin embargo, parece claro que los procesos de variación y selección se encuentran, por lo menos en algunos casos, relacionados. Este aspecto es reconocido como una limitación para la analogía por parte de Basalla:

“En la evolución orgánica, los factores responsables de la creación de variantes – la mutación y recombinación – no son los mismos que los que determinan la supervivencia y perpetuación de la especie. También aquí divergen la evolución artefactual y la orgánica, porque muchas de las

fuerzas que fomentan la creación de artefactos variantes influyen también durante el proceso de selección” (Basalla 1988: 169).

Esta interrelación es también asumida, de forma más o menos explícita, por los economistas evolucionistas. Nelson y Winter señalan que para que funcione el entorno de selección es necesario asumir que existe una separación entre los intereses de las empresas que suministran las innovaciones, por un lado, y por otro, los de los clientes y las agencias encargadas de la regulación. Esto es precisamente lo que no siempre ocurre en la realidad social. Los actores sociales involucrados en el desarrollo de tecnologías no siempre consideran que las preferencias de los consumidores o las regulaciones son constricciones estructurales inalterables.

El análisis de estas limitaciones de la aplicación del modelo darwiniano al cambio tecnológico ha servido para que algunos estudiosos de la tecnología propongan un acercamiento que denominan *quasi*-evolucionista. Las características principales de este enfoque son las siguientes: (i) la práctica de la ciencia y la tecnología consiste en procesos de búsqueda guiados por principios heurísticos que prometen la consecución de un objetivo, aunque no la garantizan; (ii) la variación y la selección son procesos independientes pero íntimamente relacionados (la variación no es aleatoria, y el entorno de selección es modificable); y (iii) el cambio tecnológico se define a partir de tres conceptos: las 'trayectorias' (una secuencia de productos con funciones similares); los 'paradigmas' (un conjunto de expectativas y principios heurísticos relacionados con un ejemplar concreto); y los 'nexos institucionales' (una unión estable entre los agentes que proporcionan variaciones y el entorno de selección) (Lente, 1993).

Belt y Rip justifican su opción *quasi*-evolucionista al constatar las limitaciones de la analogía entre evolución biológica y evolución de los artefactos.

“Nuestra reformulación conceptual también sugiere que la analogía con la evolución biológica sólo puede ser limitada. En la evolución biológica, aunque las mutaciones son aleatorias, el proceso de selección es determinista; esto es, hay un criterio bien definido para aceptar o rechazar una mutación concreta. En la evolución social en la que se produce el desarrollo tecnológico incluso el proceso de selección está lejos de ser determinista: intenciones y expectativas juegan un papel, y los actores pueden realizar elecciones y anticipar las reacciones de los otros. Más importante, los actores humanos tratan de influir sobre las reacciones de los otros y cambiar sus entornos de selección. Por lo tanto, el supuesto según el cual el entorno de selección es independiente de una trayectoria tecnológica particular es difícil de justificar” (Belt y Rip 1987: 141).

#### **4 - La cuestión del progreso**

Una de las cuestiones básicas que subyace al uso de la analogía evolucionista para el estudio del cambio tecnológico es la relativa al progreso. El papel de la idea de progreso en la configuración del pensamiento evolucionista es un tema controvertido (Castrodeza 1988; Bowler 1990; Mayr 1991; Ruse 1995).

Peter Bowler ha afirmado que lo que pasaba por darwinismo en los años 60 del siglo pasado era una combinación de dos programas de investigación diferentes: uno basado en la expansión directa del enfoque de Darwin y otro en la explotación de un modelo desarrollista de evolución. Por ello, sostiene Bowler, “el *Origen de las especies* actuó como un catalizador que

precipitó la conversión de muchos pensadores decimonónicos a una versión progresiva del evolucionismo que no era “darwiniana” en el moderno sentido de este término” (Bowler 1990: 25).

Según Michael Ruse, el pensamiento evolucionista es históricamente hijo de la idea de progreso. Hasta la década de los años 30 la mayoría de evolucionistas no habrían encontrado ninguna contradicción entre sus puntos de vista evolucionista y progresista. A partir de los años 30, coincidiendo con el intento de profesionalizar los estudios evolucionistas, autores como T. Dobzhansky, G.G. Simpson, E. Mayr y G. Ledyard Stebbins sistemáticamente eliminan de sus trabajos el lenguaje progresista, si bien existen excepciones como es el caso de Julian Huxley. Con la sistesis moderna, afirma Ruse, la evolución se independiza de la idea de progreso.

Esta comprensión del darwinismo contemporáneo como una teoría no comprometida con un criterio particular de progreso parece estar en la base de las actuales propuestas evolucionistas para el estudio del cambio tecnológico. Todos los enfoques evolucionistas actuales en el estudio de la tecnología coinciden en reaccionar contra las concepciones lineales del cambio tecnológico. Esta linialidad podría ser descrita en términos de maximización de la ganancia, de aumento de la eficiencia (económica o física), etc.

Frente a la linialidad, los evolucionistas proponen modelos multidireccionales. Se trata, entonces, de identificar los factores que reducen la variabilidad. Los modelos evolucionistas pueden ser de corte sociológico, económico, cultural..., dependiendo de la clase de factores que se consideren clave en la determinación del ritmo y la dirección del cambio tecnológico. Pinch y Bijker destacan esta virtud de los modelos evolucionistas:

“...el proceso de desarrollo de un artefacto tecnológico se describe como una alternancia entre variación y selección. El resultado es un modelo ‘multidireccional’, en contraste con los modelos lineales explícitamente utilizados en muchos estudios sobre la innovación e implícitamente en parte de la historia de la tecnología” (Pinch y Bijker 1984: 28).

“... si se adopta un modelo multidireccional, es posible responder a por qué algunas de las variantes ‘mueren’, mientras otras ‘sobreviven’” (Pinch y Bijker 1984: 29).

Pinch y Bijker señalan que el éxito de un artefacto es el *explanandum*, no el *explanans*. Sería, desde este punto de vista, la eliminación de algún tipo de finalidad última en la historia de la tecnología lo que propiciaría la investigación de la influencia del entorno de selección sobre el cambio tecnológico. Esta es precisamente la interpretación sugerida por Basalla:

“Desde Darwin, los evolucionistas orgánicos han sido reacios a aceptar la idea de que la vida evoluciona hacia un fin predeterminado. Hay que evitar la mención de la dirección, propósito o progreso en relación a la evolución orgánica porque se considera que introduce una especulación metafísica en el discurso científico. De forma similar, he resistido a la tendencia a considerar el avance de la humanidad o la necesidad biológica el fin hacia el cual se dirige todo cambio tecnológico. Más bien, explico la diversidad artefactual como manifestación material de las diversas formas que hombres y mujeres han elegido a lo largo de la historia para definir y mantener su existencia” (Basalla 1988: 262-263)

En suma, los valores culturales, entre los que se encuentran los diferentes puntos de vista sobre lo que se considera progreso, forman parte del entorno de selección.

## 5 - Conclusiones

Uno de los aspectos más interesantes del uso de analogías en la ciencia es su potencial heurístico. No es necesario establecer una relación biunívoca entre los elementos de los dos dominios. Forzar la analogía para encontrar equivalencias en el ámbito tecnológico a los genes, las especies o las mutaciones puede ser una labor poco fructífera. Pero ello no impide el uso de la analogía entre procesos básicos que ocurren en ambos dominios.

Por lo visto en este trabajo, la adecuación de la analogía darwinista para estudiar el cambio tecnológico es más bien limitada. Pero el uso de la analogía, pese a su falta de adecuación, ha sido de utilidad para entender algunos aspectos esenciales. El modelo bien establecido de la evolución biológica por selección natural ha servido como transcurso sobre el que analizar el cambio tecnológico. Aprender sobre las limitaciones de la aplicación de una analogía es también un modo de aprender sobre el ámbito metaforizado. Un ejemplo claro en este sentido es la relación entre las fuentes de variación y el entorno de selección en el cambio tecnológico.

En el siglo XIX el darwinismo fue interpretado desde la idea de progreso. Esto ocurrió también con las extensiones del darwinismo. Tanto Sundt como Pitt-Rivers elaboraron sus modelos de evolución tecnológica en este contexto cultural. Los modelos elaborados durante el último cuarto del presente siglo, por el contrario, resaltan como característica principal del darwinismo que no postula un fin último para la evolución biológica, y es esta característica la que se considera fundamental para su extensión al cambio tecnológico.

## 6 - Bibliografía

- Basalla, G. (1988) *La evolución de la tecnología* (Crítica, Barcelona 1991).
- Belt, H. van den y A. Rip (1987) "The Nelson-Winter/Dosi Model and Synthetic Dye Chemistry", en W.E. Bijker, T.P. Hughes y T. Pinch, eds. (1987) *The social construction of technological systems* (MIT Press, Cambridge, MA).
- Bowler, P.J. (1990) *Charles Darwin. El hombre y su influencia* (Alianza, Madrid 1995).
- Campbell, D. (1974) "Evolutionary epistemology", en P.A. Schilpp, ed. (1974) *The philosophy of Karl Popper, I* (Open Court, La Salle, IL).
- Castrodeza, C. (1988) *Ortodoxia darwiniana y progreso biológico* (Alianza, Madrid).
- Dosi, G. (1982) "Technological Paradigms and Technological Trajectories", *Research Policy* 3: 11247-162.
- Elster, J. (1983) *El cambio tecnológico* (Gedisa, Barcelona 1990).
- Hull, D. (1988) *Science as a process: an evolutionary account of the social and conceptual development of science* (University of Chicago Press, Chicago, IL).

Lente, H. van (1993) *Promising technology. the dynamics of expectations in technological developments*, (Universidad de Twente, Twente).

Mayr, E. (1991) *Una larga controversia: Darwin y el darwinismo* (Crítica, Barcelona 1992).

Nelson, R. y S. Winter (1982) *An evolutionary theory of economic change* (Harvard University Press, Cambridge, MA).

Pinch, T. y W.E. Bijker (1984) "The social construction of facts and artifacts: or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other", *Social Studies of Science* 14: 399-441.

Popper, K.R. (1972) *Conocimiento objetivo* (Tecnos, Madrid 1974).

Ruse, M. (1995) *Evolutionary naturalism* (Routledge, Londres).

Sober, E. (1991) "Models of cultural evolution", en E. Sober, ed. (1994) *Conceptual issues in evolutionary biology* (MIT Press, Cambridge, MA).

Sober, E. (1993) *Filosofía de la biología* (Alianza, Madrid 1996).

Toulmin, S. (1972) *La comprensión humana* (Alianza, Madrid 1977).

Vence, X. (1995) *Economía de la innovación y del cambio tecnológico* (Siglo XXI, Madrid).

## **RESUMEN**

En este trabajo se analiza la analogía entre la evolución biológica y el cambio tecnológico. La comprensión del darwinismo contemporáneo como una teoría no comprometida con un criterio particular de progreso está en la base de las actuales propuestas evolucionistas para el estudio del cambio tecnológico.

Se estudian también las principales limitaciones de la analogía entre evolución biológica y cambio tecnológico: 1) el carácter intencional de parte de la variabilidad en la evolución de los artefactos; 2) los modelos de evolución de los artefactos son antes modelos de selección artificial que de selección natural; 3) en el cambio tecnológico, al contrario que en la evolución biológica, parece claro que los procesos de variación y selección se encuentran relacionados. El uso de la analogía, pese a estas limitaciones, ha sido de utilidad para entender el cambio tecnológico. Aprender sobre las limitaciones de la aplicación de una analogía es también un modo de aprender sobre el ámbito al que se aplica la metáfora.

## **ABSTRACT**

This paper deals with the analogy between biological evolution and technological change. The understanding of contemporary Darwinism as a theory non-committed with any particular criterion of progress is in the base of the current evolutionary approaches to the study of technological change.

In this paper are also studied the main limitations of the analogy between biological evolution and technological change: 1) the intentional nature of the variability in the evolution of

artifacts; 2) models of the evolution of artifacts are artificial selection models rather than natural selection models; 3) in technological change, on the contrary that in biological evolution, it seems clear that the processes of variation and selection are related. The use of the analogy, in spite of these limitations, it has been fruitfulness to understand technological change. Learning on the limitations of the application of an analogy is also a way of learning on the domain to which the metaphor is applied.

[http://www.nepet.ufsc.br/Artigos/Texto/Lujan\\_0199.htm](http://www.nepet.ufsc.br/Artigos/Texto/Lujan_0199.htm)