

«El nuevo régimen de comunicación en las relaciones Universidad-Industria-Gobierno: Una triple hélice de innovaciones»

La nueva reorganización de las relaciones institucionales entre universidades, investigación industrial y laboratorios gubernamentales es una consecuencia de los cambios habidos en las estructuras de comunicación de las comunidades científicas relevantes: Gibbons *et al.* (1994) proponen distinguir entre ciencias o disciplinas con una estructura de comunicación tradicional y "ciencias de red" (tales como la biotecnología o la inteligencia artificial) con estructuras de intercomunicación (*interfaz*). En este trabajo argumentaré que los sistemas de traducción en el ámbito de la red contienen un *episteme* traslativo o triádico además de los sistemas de comunicación funcionalmente diferenciados o "dialécticos". Este *trans-episteme* puede ser elaborado desde una perspectiva evolutiva: las traducciones entrañan dinámicas innovadoras entre codificaciones. Especificaré, además, las implicaciones de este modelo para el desarrollo de la teoría social haciendo referencia a las ciencias, la economía y el subsistema político, respectivamente.

Unibertsitateen, industri ikerkuntzaren eta gobernuen laborategien arteko harreman instituzionalen antolakuntza berria zientzia erkidego esanguratsuetako komunikazio egituretan gauzatutako aldaketen ondorio bat da. Gibbons-ek eta besteek (1994) ohiko komunikazio egitura duten zientziak edo diziplinak eta interkomunikazioko egiturak (interfazea) dituzten «sareko zientziak» (hala nola bioteknologia edo adimen artifiziala) bereiztea proposatu dute. Azterlan honetan argudiatuko dut sarearen esparruan transmisio sistemek episteme mugigarria edo hautagarria dutela, funtzioen bidez bereiziak edo «dialektikoak» diren komunikazioko sistemez gain. Delako trans-episteme hori eboluzio ikuspegi batetik egin daiteke: transmisioek dinamika berritzaileak barne hartzen dituzte kodifikazioen artean. Halaber, eredu honek gizarte teoriaren garapenerako dituen ondorioak zehaztuko ditut, hurrenez hurren, zientziak, ekonomi eta azpisistema politikoa aipatuz.

Rearrangements in institutional relations among universities, industrial research, and government laboratories are a consequence of changes in the communication structures of relevant scientific communities. Recently, Gibbons *et al.* (1994) have proposed distinguishing between disciplinary sciences with a traditional communication structure and 'network sciences' (e.g., biotechnology, artificial intelligence) at the interfaces. I shall argue that systems of translations at the network level contain a translative or triadic episteme in addition to functionally differentiated or 'dialectic' systems of communication. This trans-episteme can be elaborated from an evolutionary perspective: the translations entrain innovative dynamics between codifications. The implications of this model for the further development of social theory are specified with reference to the sciences, the economy, and the political subsystem, respectively.

ÍNDICE

1. La evolución cultural y la reconstrucción histórica
 2. Las traducciones
 3. Las consecuencias
 4. El desarrollo ulterior de la Triple Hélice
- Referencias bibliográficas

Palabras clave: *Investigación, universidad, innovación, estructuras de interfaz.*
Clasificación JEL: 03,A1.

La nueva reorganización de las relaciones institucionales entre universidades, investigación industrial y laboratorios gubernamentales es una consecuencia de los cambios habidos en las estructuras de comunicación de las comunidades científicas relevantes. Gibbons *et al.* (1994) proponen distinguir entre ciencias o disciplinas con una estructura de comunicación tradicional (modo 1) y "ciencias de red" (tales como la biotecnología o la inteligencia artificial) con estructuras de intercomunicación (*interfaz*) (modo 2). Sin embargo, estos autores todavía no han desarrollado categorías para analizar la generación de conocimiento científico en el modo 2 desde una perspectiva evolutiva, aunque indican que el concepto de "reputación" en las *interfaz* debería diferenciarse de la reputación dentro de la comunidad científica (Whitley, 1984).

La generación de conocimientos científicos en el modo 2 requiere una mayor integración de las orientaciones políticas, económicas y científicas en los procedimientos de investigación. Sin embargo, en el ámbito de un sistema único la integración implica desdiferenciación y, por lo tanto, sería poco probable que evolucionase. Esta paradoja potencial entre diferenciación e integración puede entenderse usando conceptos de cibernética de segundo orden.

En este trabajo argumentaré que los sistemas de traducción en el ámbito de la red contienen una *episteme* traslativa o triádica además de los sistemas de comunicación funcionalmente diferenciados o "dialécticos". Este *trans-episteme* puede ser elaborado desde una perspectiva evolutiva: las traducciones (*translations*) entrañan

dinámicas innovadoras entre codificaciones. Especificaré, además, las implicaciones de este modelo para el desarrollo de la teoría social haciendo referencia a las ciencias, la economía y el subsistema político, respectivamente.

1. LA EVOLUCIÓN CULTURAL Y LA RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA

La transición de la cultura medieval al sistema social moderno ha fascinado a los sociólogos y a los economistas. ¿Qué ocurrió con el sistema social en términos evolutivos? ¿Cómo podría explicarse dicha transición? Marx, por ejemplo, analizaba el advenimiento de la modernidad en términos de cambios en las relaciones entre clases. Weber enfatizó la función de los valores protestantes en las relaciones sociales emergentes en el capitalismo moderno. En los estudios sobre la ciencia, una de las últimas tesis fue elaborada por Merton (1937), analizando el origen social de la revolución científica en la Inglaterra del siglo XVII mientras, por ejemplo, Zilsel (1942-1976) explicó la aparición de las ciencias modernas en base al desarrollo de nuevas prácticas científicas y la reorganización de la división del trabajo (véase Shapin y Shaffer, 1985). Otros autores se han centrado en las tensiones internas en el sistema medieval tales como las luchas de poder y autoridad entre el Papa y el Emperador en tiempos del Imperio Romano denominadas luchas de "investidura" (Luhmann, e.g. 1989: 262 y ss.) o como la revolución en las comunicaciones que trajo consigo la imprenta (Eisenstein, 1979; KauferyCarley, 1993).

Todas estas diferentes explicaciones

suponen que una transición entre sistemas debería analizarse en términos de causas *ex-ante*. Sin embargo, desde una perspectiva evolutiva, el nuevo orden emergente depende de la especificidad de la selección *ex-post*. La selección se optimiza en términos de funciones, independientemente de las configuraciones estructurales subyacentes. De esta forma, las variaciones que conducen a una transición son menos importantes para entender la dinámica de un sistema que los mecanismos de selección que las generan (véase Rosenberg, 1994).

Aunque una variación sea al principio, tan sólo una perturbación, diferentes fuentes de variación pueden reforzarse mutuamente. Por razones estocásticas, las distribuciones relevantes pueden sesgarse y, debido a ello, exhibir propiedades estructurales (véase Arthur, 1988). Si se repite a lo largo del tiempo, la estructura emergente puede comenzar a realimentarse a partir de la variación "relevante". De esta forma, un sistema emergente se autoorganiza eligiendo entre selecciones.

La selección es recursiva: ciertas selecciones pueden ser elegidas para la estabilización (provisional); ciertas estabilizaciones pueden ser elegidas para la globalización. Una estabilización local puede desarrollarse con el tiempo en una trayectoria identificable; debe existir un régimen global que guíe los desarrollos ulteriores de las trayectorias locales proporcionando otro estrato de selecciones.

En resumen: diferentes dinámicas estructurales pueden, en ocasiones, cumplir las mismas funciones y diferentes contextos pueden, en otros casos,

conducir a nichos como estabilizaciones provisionales de una posible estructura de orden-siguiente. La diferenciación funcional puede definirse sólo en referencia a este emergente sistema de orden-siguiente. Sin embargo, centrarse en los mecanismos de selección genera un problema analítico: uno observa la variación. Los ejemplos elegidos deben ser especificados como hipótesis, es decir, teniendo en cuenta la teorización de los sistemas emergentes.

1.1. La triple hélice

El modelo de Triple Hélice adopta como punto de partida las formas tradicionales de diferenciación institucional entre universidades, industrias y gobierno. La perspectiva evolucionista añade a esta configuración histórica la noción de que los sujetos humanos son capaces de reformar estas instituciones de manera reflexiva (Tong, 1996). Por eso, el modelo tiene en cuenta la función creciente del sector del conocimiento en las infraestructuras políticas y económicas de las sociedades más evolucionadas.

Desde un punto de vista evolucionista, las instituciones pueden ser consideradas como las huellas dactilares de los patrones de comunicación que han funcionado hasta el momento en la reproducción del sistema. No obstante, la funcionalidad de la diferenciación conduce a su institucionalización a largo plazo. De esta forma, se puede distinguir entre diferenciación institucional y diferenciación funcional en las comunicaciones entre, y en el seno de, estas instituciones.

Históricamente, la interacción sistemática entre mercado y ciencia se remonta a la "revolución científico-técnica" de la segunda mitad del siglo XIX (Braverman, 1974; Noble, 1977). Sin embargo, la diferenciación institucional entre el estado nación y la economía es anterior a este periodo. En otras palabras, la Triple Hélice puede considerarse como el resultado de una interacción entre las dinámicas funcional e institucional de la sociedad.

Para la comprensión analítica del modelo de la Triple Hélice, primero hay que realizar una tabla de doble entrada con dos dimensiones importantes: la diferenciación e integración funcional entre ciencia y mercados y la diferencia institucional entre control público y privado. A lo largo del tiempo esta clasificación en tablas cruzadas conduce a un modelo de desarrollo tecnológico en términos de las relaciones entre universidad-industria-gobierno.

¿Qué se comunica en estas relaciones? La literatura relevante distingue tres dinámicas: el intercambio económico en los mercados, la dinámica interna de la generación de conocimiento y de la innovación, -que tiende a alterar el movimiento hacia el equilibrio-, y el gobierno institucional de las *interfaz* en los distintos niveles (público o privado). La teoría económica evolucionista ha analizado este complejo sistema desde el punto de vista de la empresa y en relación a sus selecciones sobre la coevolución entre tecnologías e instituciones (Nelson y Winter, 1982; Nelson, 1994). Sin embargo, la acción de los agentes racionales añade una tercera hélice a las trayectorias

específicamente estabilizadas. Una Triple Hélice es, por su propia naturaleza, inestable y, por ello, este modelo nos permite estudiar los distintos tipos de comportamiento caótico que se describen en la teoría económica evolucionista (véase Andersen, 1994; Leydesdorff y Van den Besselaar, 1994).

El análisis de la infraestructura del conocimiento, en lo que se refiere a sus posibilidades, se ha convertido en un asunto urgente a la luz de las propuestas de reindustrialización en el ámbito de las organizaciones gubernamentales e intergubernamentales (por ejemplo, OCDE, 1980). Desde finales de la década de los 70, la coordinación *nacional* entre política industrial y políticas científica y tecnológica se ha afianzado en los países occidentales que ya habían alcanzado con anterioridad un elevado grado de separación entre esferas institucionales (Porter, 1990; Nelson, 1993). Estas políticas implican, típicamente, el desarrollo de conexiones más estrechas entre el estado y la industria y entre la academia y la industria. Una implicación del modelo de la Triple Hélice es el análisis de estas fuerzas institucionales aglutinantes en sus diferentes dinámicas interactuantes. ¿Cómo las interacciones institucionales consiguen cambiar de modo recursivo las diferencias en las comunicaciones a la vez que son reproducidas?

1.2. Estratos de selectividad

La diferenciación institucional se hizo posible cuando, durante el siglo XVIII, se estableció completamente el orden moderno. La diferenciación funcional se

construyó en Europa a raíz de un siglo de guerras (principalmente religiosas), entre 1550 y 1650. Por ejemplo, el *episteme* de las ciencias modernas (Foucault, 1972) se puede distinguir del de los tiempos pre-modernos en base a su diferenciación funcional y a la orientación universal de las comunicaciones. Nótese que la *diferenciación* funcional requiere dos niveles de comunicación: por ejemplo, la comunicación científica tiene por un lado un valor sustantivo por sí misma y, por otro, una función de teorización "universal" para el sistema emergente de orden superior. En principio, la novedad sustantiva (el "contexto del descubrimiento") y la garantía metodológica (el "contexto de la justificación") pueden distinguirse de forma analítica.

El ajuste de las estructuras subyacentes a las funciones bajo la presión de la selección puede ser considerado como un proceso de *adaptación*. La adaptación es un proceso gradual que tiene lugar a través de la selección entre las posibles formaciones y, por lo tanto, podría esperarse que la codificación institucional se retrase respecto a los procesos de diferenciación funcional de la comunicación.

Durante el siglo XVIII, -con la excepción quizás del Reino Unido- la formación de los estados nacionales se retrasó: en algunos sitios la organización de la sociedad se mantuvo atrincherada en la diferenciación medieval nobiliaria (Francia, Austria, España e Italia), mientras que en otras partes las diferencias regionales se opusieron a la centralización en un estado nación (Alemania y los Países Bajos). Sin embargo, a finales de siglo, las

revoluciones francesa y americana establecieron dos estados nación que se basaron en la semántica de una diferenciación institucional entre sociedad civil ("la búsqueda de la felicidad") y estado nacional (véase Montesquieu, 1748). Aunque Napoleón intentó exportar estas nuevas ideas sobre codificación política como "universales", el desarrollo durante el periodo 1815-1870 (la unificación alemana) podría caracterizarse retrospectivamente como la elaboración social de esta diferenciación entre sociedad civil y los distintos estados nacionales (véase, Gouldner, 1976).

El desarrollo institucional corrió parejo con la transición del capitalismo mercantil (de orientación universal) al capitalismo industrial (localmente organizado). Marx observó esta transición con motivo de las revoluciones de 1848. Cuando publicó "El capital" en 1867, el nuevo sistema estaba casi completado. Tras la guerra civil americana (1865), la revolución japonesa de 1868, la Comuna de París (1870) y la unificación alemana, los principales sistemas de estados nacionales estaban asentados con sus respectivas economías capitalistas.

De esta forma, se estableció un sistema con una diferenciación dual: los estados nacionales contienen mecanismos institucionales que, en principio, son capaces de reforzar selecciones específicas de las diferenciaciones funcionales, por ejemplo, manteniendo las fronteras nacionales. Aunque en el sistema de diferenciación funcional el mecanismo de control se apoya firmemente en el *episteme*, -finalmente garantizado por las

convicciones transcendentales-, el sistema puede ceder periódicamente el control a elementos estructurales garantizados por las instituciones (por ejemplo, la burocracia). El control entonces tiende a convertirse en "trans-epistémico" (Knorr, 1982). El sistema también puede alternar fases de contracción y de modernización expansiva (véase Freeman y Pérez, 1988).

Las dos dinámicas pueden combinarse de distintas maneras. En retrospectiva, el marxismo podría ser considerado como una ideología que tiende a tomar "las necesidades humanas reales existentes" como su sistema de referencia y que, por consiguiente, hace hincapié en la *realización* institucional del poder de la sociedad. Desde una perspectiva liberal, el "poder" y la organización del estado se consideran encarnaciones codificadas de un sistema de controles y equilibrios dirigido a promover el ulterior desarrollo ("libre") de los subsistemas definidos a partir de funciones (.economía, ciencia, etc.).

Cuando la organización de la sociedad pasa a ser tan compleja que los dos mecanismos están disponibles para la integración, cabe esperar la existencia de un conjunto de interacciones posibles. En ciertas situaciones, las dos selecciones pueden empezar a reforzarse mutuamente como en una resonancia. (En la mayoría de los casos se considera que dos selecciones extinguen la señal). Estos "cierres" (*lock-ins*) (Arthur, 1988) ocurren localmente y en forma discreta y, si se estabilizan, los patrones resultantes seguirían trayectorias relativamente independientes. En otras palabras, las selecciones pueden ser

elegidas en ciertos sitios para la estabilización. En una siguiente selección, una distribución de estabilizaciones provisionales puede ser elegida para la "globalización" y, con ello, se desarrollará un régimen (Leydesdorff, 1994).

En resumen, la codificación de dos mecanismos de selección en la sociedad posibilita que emerja un patrón de interferencias locales en una coevolución entre estas codificaciones. Los patrones de comunicación resultantes deben considerarse como nichos o *lock-ins* localmente distribuidos. Sin embargo, esta distribución contiene la expectativa de un régimen de «orden siguiente» a nivel global. La cuestión teórica que surge es si se puede especificar esta (co)evolución y, con ello, articular una previsión respecto al ulterior desarrollo del sistema.

2. LAS TRADUCCIONES

2.1. La institucionalización de las traducciones

La denominada "revolución científico-técnica" tuvo lugar en la interrelación (*interfaz*) institucionalmente organizada entre dos sistemas funcionalmente codificados: la ciencia y la economía. Las nuevas instituciones (como los laboratorios empresariales) proporcionaron la base para una interacción entre ambas codificaciones. Con el tiempo, este desarrollo ha producido la aparición del capitalismo corporativo con sus típicas instalaciones de I+D y su "tecnoestructura" (Galbraith, 1967).

La interacción sostenida cambia las codificaciones mutuamente. En relación a

esta "revolución científico-técnica", Braverman (1974: 167 y ss.) ya señaló que, de hecho, "la innovación clave no se encuentra en la química, la electrónica, la maquinaria automática, la aeronáutica, la física atómica o cualquier producto de estas ciencias o tecnologías, sino en la transformación de la propia ciencia en capital". A la inversa, esta absorción de la ciencia por parte del capital también ha transformado a este último: las fuerzas productivas ya no están vinculadas necesariamente a las decisiones de los gestores empresariales ni a la acción instrumental de la gente participante en el proceso laboral (Habermas, 1968). La elección económica puede ser analizada a través de representaciones (por ejemplo, funciones de utilidad); las elecciones científicas y técnicas ya no pueden ser consideradas como variables exógenas a este sistema económico (Schumpeter, 1939; Nelson y Winter, 1982).

De esta forma, las dos funciones pueden proporcionarse mutuamente recursos y realimentarse de acuerdo con su organización dentro de un marco institucional. La organización institucional de las dos codificaciones funcionales permite la aparición de una hélice de *transmisión* que puede llevarse a cabo en *interfaces* locales (Latour, 1987). En un *sistema de transmisiones* las comunicaciones científicas ya no son seleccionadas únicamente por su valor de "verdad" como codificación intrínseca, sino también en términos de su utilidad para otra codificación (ya no más extrínseca). De forma análoga, un sistema de producción puede ser cambiado en contra de las presiones (a corto plazo) del mercado cuando las innovaciones son seleccionadas

desde una perspectiva de potencial tecnológico.

2.2. Los sistemas de traducción

En los sistemas de traducción (*translation*), los casos seleccionados pueden bascular entre códigos de significado que coevolucionan mientras se seleccionan mutuamente. Estos sistemas ya no son sistemas discursivos que siguen una lógica única, sino traducciones de siguiente-orden que acarrear, de forma recursiva, las variadas lógicas que se incorporan como sus "genotipos". Las consecuencias sociales y epistemológicas de dicha transición son inimaginables. Mientras el *episteme* anterior se basaba en la metáfora geométrica de un panóptico consistente internamente, el nuevo se basa en una multitud de perspectivas. Por consiguiente, requiere una modelización algorítmica y representaciones dinámicas (por ejemplo, animaciones y video-clips). Las posibilidades futuras de un sistema de traducción se extienden más allá de lo que uno se pueda imaginar en un momento dado, puesto que se prevén fases de transición y otras formas de comportamiento caótico en la dinámica de redes (Kaufmann, 1993; Langford et al., próxima publicación).

Intuitivamente, los sistemas de traducción son similares a los problemas de interpretación cuando se utilizan lenguas extranjeras. Una misma palabra puede tener distintos significados en diferentes lenguas con lo que es posible realizar varias traducciones. Un sistema de traducción puede definirse como un sistema en el que los intérpretes se

comunican de forma continua entre ellos sobre las posibles traducciones. Los intérpretes de idiomas pueden intentar resolver sus disputas a través de ciertas codificaciones como los diccionarios, sin embargo, en un sistema de traducción la controversia entre distintas perspectivas está institucionalizada.

Si los traductores tuviesen unos conocimientos completamente diferentes en cuanto al lenguaje, la comunicación desaparecería como en el caso de la torre de Babel. Pero dado que la comunicación es ruidosa y selectiva, la institucionalización de un sistema de transmisión puede generar comunicaciones de segundo-orden altamente específicas. Este nuevo *trans-episteme* reforzará, a su vez, el entendimiento mutuo y, de esta forma, el autoentendimiento a niveles más bajos de interacción. De esta forma, el *trans-episteme* permite a los agentes implicados especificar de forma reflexiva lo que puede funcionar como una señal en un nivel superior y lo que puede ser descartado como ruido.

Ilustremos la diferencia entre comunicación y sistemas de traducción utilizando dos gráficos. En el gráfico nº 1, se observan tres círculos con una intersección común. Los círculos representan las distintas esferas de comunicación (con sus respectivas codificaciones) que son posibles dentro de una sociedad pluriforme. En lo que se refiere a los procesos de comunicación, la intersección podría identificarse con el lenguaje común (*ij*), por ejemplo la lengua vernácula, al que todas las jergas especializadas (*ij* e *ik*) pueden traducirse si se procesan suficientemente. Como se indicaba, el *episteme* de una

Gráfico n.º1. **Diferenciación (*ij/ik*) e integración (*i*) de la comunicación**

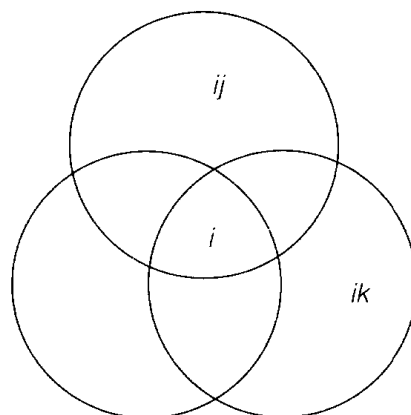
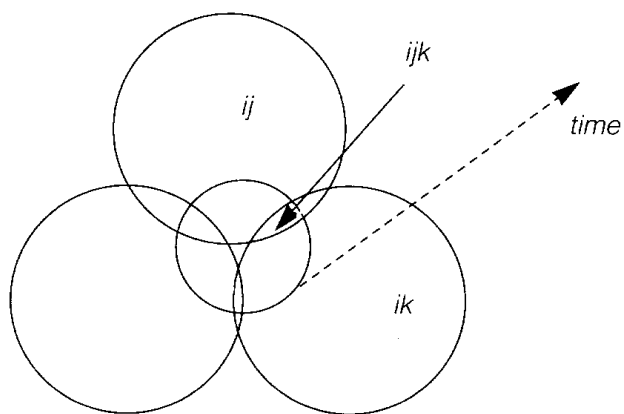


Gráfico n.º 2. **Diferenciación (*ij*) y traducción (*ijk*) de la comunicación**



sociedad así supone la posibilidad de reintegración como su pilar fundamental.

En el gráfico nº 2, la diferenciación ha avanzado hasta el punto en que, primero, la zona común de interpenetración ha desaparecido. Segundo, el sistema de integración se ha representado como un hiper-círculo que se generaría a través de la serie de selecciones que los distintos sistemas de comunicación emplean entre ellos. Sin embargo, la comunicación hiper-circular no va a existir en cualquier momento. Se trata de un sistema emergente y *en este caso la integración requiere una mayor complejidad que la diferenciación*. El sistema se integra a lo largo del tiempo; en cada momento sólo se puede observar una distribución de comunicaciones. La ocasión de la integración ya no puede ser observada puesto que las selecciones pueden ocurrir en distintas direcciones y, por ello, pueden coexistir varios círculos. Cada sistema se interpretaría en sí mismo como un caso de integración, ya que los criterios para ésta son diferentes en cada sistema y, a su vez, los horizontes temporales también pueden diferir. *La integración a lo largo del tiempo implica siempre una traducción a un punto final receptor como el sistema de referencia*.

En un sistema de comunicación bajo el *episteme* anterior, se supone que cada ser humano es capaz de participar en la comunicación (sobre la base de, por ejemplo, una formación suficiente). Sin embargo, este supuesto debe ser eliminado cuando se analizan los sistemas de traducción. El sistema de traducción se basa en una selección

reflexiva entre comunicaciones de acuerdo con la funcionalidad de la traducción. Las subdinámicas (por ejemplo, los idiomas) se reproducen como distribuciones a un nivel supra-individual. Los transmisores de las comunicaciones originales se representan en los sistemas de traducción sólo en base a la calidad de su comunicación entre otras comunicaciones. En otras palabras, la traducción influye en las representaciones.

Un sistema de traducción puede ser considerado como un sistema de red que "vive" y se reproduce sobre una combinación de estructuras de comunicación subyacentes como un parásito capaz de sobrevivir en un ambiente específico. Si sobrevive, podrá establecer su propia dinámica de "población". En general, cada sistema de orden-siguiente tiende a mantener una relación ortogonal con los niveles previos, aunque esté construido originalmente sobre la base de las interacciones entre sistemas de construcción (Simon, 1973a). Por lo tanto, las categorías analíticas deben ser reespecificadas en relación al sistema emergente.

3. CONSECUENCIAS

3.1. Aparición y tendencias de los trans-epistemes

Los sistemas de traducción no son selectivos con respecto a los agentes implicados, sino sólo con sus comunicaciones. Los sistemas de comunicación tienen que proporcionar a los comunicadores implicados razones, mientras que los sistemas de traducción son capaces de seleccionar entre varias

comunicaciones por razones funcionales. Además, el hiper-círculo permite a los sistemas de traducción seleccionar las comunicaciones desde una perspectiva retrospectiva. De esta manera, un sistema de traducción contiene un grado adicional de libertad en comparación con un sistema de comunicación: los sistemas de traducción manejarán mayor especificidad y complejidad en la comunicación que los sistemas de comunicación. Por lo tanto, se desarrollará un *trans-episteme* de orden superior: no serán las intenciones humanas sino las consecuencias no intencionadas de las interacciones las que darán forma de manera creciente a este sistema.

Aunque en la actualidad es, quizás, algo solo emergente, por ejemplo en casos como la "alta tecnología" o la "gran ciencia", es de prever que la comunicación de orden superior asuma el control sobre su afianzamiento debido a razones evolutivas. El *trans-episteme* emergente transformará los *epistemes* de los sistemas de comunicación sobre los que se basa. Además de la comunicación de novedades sustantivas y de una codificación metodológicamente garantizada (con relación a "la verdad"), las ciencias de la alta tecnología pueden traducir representaciones de otros subsistemas de la sociedad en conocimiento científico, y viceversa, para legitimar los resultados de las investigaciones en círculos "trans-epistémicos" de comunicación (Knorr, 1982). En otras palabras, existe una autorización institucional para cambiar el código de comunicación de forma retrospectiva si eso resulta *apropiado para la resolución del problema objeto de estudio*.

Inicialmente, estos cambios de códigos pueden apoyarse en la división del trabajo en las "tecnoestructuras" relevantes. Sin embargo, el paso crucial es el establecimiento de capacidades de comunicación entre los comunicadores que hagan posible, en los temas implicados, internalizar la anticipación de las selecciones posteriores en las comunicaciones con los demás. De este modo, las materias se clasifican en términos de capacidades para comunicaciones específicas (Tobias et al., 1995; Habermas, 1981).

Tal y como se señaló, los «lock-in» iniciales ocurrieron localmente; por ello, sus patrones estaban distribuidos socialmente. Si estos procesos pueden además estabilizarse en *coevoluciones*, los patrones resultantes conducirán al sistema hacia complejidades de comunicación de orden superior (Maturana, 1978; Nelson, 1994). El *trans-episteme* emergente se basa en las interacciones de la anterior diferenciación entre ciencias y mercados con la diferenciación institucionalmente organizada entre economía política y estado post-napoleónico. Desde esta perspectiva, la historia de la ciencia y la tecnología en el siglo XX puede ser considerada como una exploración de las potencialidades para recombinar las distintas subdinámicas en un sistema de Triple Hélice.

La diferenciación funcional y la integración traslativa (*translative*) son mutuamente dependientes una de otra, aunque el funcionamiento es distinto. Como se indicaba, la diferenciación funcional requiere la codificación de la comunicación y, por lo tanto, la distinción entre sustancia y significado de la

información (véase Leydesdorff, 1995). Las ciencias de alta tecnología requieren hiper-círculos de comunicación de, al menos, tres dimensiones. Los sistemas de comunicación "triádicos" (*ijk*) son capaces de abarcar sistemas funcionalmente diferenciados y transformarlos asimétricamente unos en otros (*ij* e *ik*). De esta manera, pueden cambiar el código internamente y, alternando los códigos de forma evolutiva, parecen reconciliar lo que era irreconciliable desde la perspectiva del *episteme* previo. La solución de los problemas ("puzzles") tiene un valor heurístico para el ulterior desarrollo de la disciplina; la exactitud (es decir, el valor de la comunicación) pasa a ser una función dinámica dentro de la red de comunicaciones científicas. En otras palabras, la exactitud puede considerarse como una disciplina específica y metaheurística (Simon, 1973b). De esta manera, el éxito político o económico sirve para realimentarse con la fortaleza de una "verdad" frente a otra (véase Latour, 1987).

Los patrones emergentes no van a reemplazar a los anteriores modelos, sino que los incorporan y guían su futuro desarrollo. El régimen de orden-siguiente incorpora las trayectorias sobre las que se construye, y las transforma en subdinámicas de un sistema más complejo (Kampmann *et al.*, 1994).

3.2. Consecuencias socioeconómicas

La transformación inducirá, también, una diferenciación posterior en la dimensión socioeconómica. Las innovaciones científicas y tecnológicas

generan nueva competencia en productos además de la competencia en precios. La competencia entre productos introduce la dinámica en el sistema económico en un horizonte temporal, que ya no puede reducirse a la optimización en sentido de Pareto en cada momento del tiempo, en tanto que los agentes económicos (empresas, estados) pueden actuar de forma estratégica sobre los mecanismos de precios (Schumpeter, 1939). Galbraith (1967: p.178) señalaba que la maximización de precios y la maximización del crecimiento introducen distintos criterios de selección en el tiempo.

¿Qué significa realmente esta diferenciación del mecanismo económico? Los ciclos de vida de los productos se generan a través de innovaciones que alteran el movimiento hacia el equilibrio. Las distintas fases del ciclo de vida del producto conducen a distintas relaciones con los clientes y, por lo tanto, a una segmentación del mercado. Los segmentos del mercado pueden ser considerados como nichos que resultan funcionales para la innovación tecnológica (como "incubadoras"), o disfuncionales, al construir barreras a la entrada ("lock-ins"). Puesto que todos estos procesos ocurren al mismo tiempo, se generan complejas dinámicas evolutivas dentro del sistema económico (Leydesdorff y Van den Besselaar, 1994).

Las empresas multinacionales y altamente diversificadas son, a veces, capaces de aprovechar las ventajas de estas dinámicas de escala y de alcance. De esta forma, las tendencias monopolistas pasan a ser una variable

endógena de la economía (Schumpeter, 1939). Sin embargo, en un régimen basado en el conocimiento el "movimiento hacia el equilibrio" puede ser alterado de *forma estructural*: la perspectiva económica «con su genotipo» especifica una entre diferentes subdinámicas del sistema. Otras subdinámicas, como la sustitución de factores productivos debido a las innovaciones tecnológicas, o los mecanismos normativos e institucionales de apropiación y control podrían dirigir el sistema tan intensamente como el mecanismo económico. No hay razón alguna para conceder prioridad a una codificación frente a las demás, excepto por lo que se refiere a su funcionalidad de cara al sistema emergente. Esta funcionalidad no está dada, sino que se construye mediante una serie de traducciones entre ámbitos de expectativas.

De esta forma, los propios estudios sobre tecnología se han convertido en un campo interdisciplinar de estudios. Entender la competencia entre productos requiere un estudio en profundidad de la historia de los principales actores, de sus contextos socioeconómicos, y de las estrategias y políticas a largo plazo de los actores organizadores y sus interrelaciones. Cada estudio nos proporciona la heurística que deberá combinarse con el conocimiento sistemático de los mercados relevantes para construir un modelo evolutivo complejo. La heurística especifica las elecciones que se han demostrado viables en medio de un espacio de posibles combinaciones.

3.3. Implicaciones políticas

Una de las principales implicaciones de la transición desde la diferenciación funcional de la comunicación a los sistemas de traducción es que el discurso político ha adquirido un carácter *subsistémico*. Las intervenciones políticas perturban a los otros subsistemas a través de la conexión operacional en el nivel hipercircular, es decir, con "consecuencias no planeadas". Al igual que en otros subsistemas, este cambio en el estatus del gobierno se basa en una diferenciación *interna* de la comunicación política. Sin embargo, las consecuencias de esta transición no han sido todavía suficientemente analizadas.

La introducción de mayor diferenciación en el diseño de políticas en términos de funcionalidad (además del control reglamentario, es decir jerárquico, basado en la codificación) es, quizás, el elemento más difícil de adecuar debido a los estorbos morales y constitucionales del discurso político. Este discurso ya opera sobre representaciones, aunque la integración se alcanza mediante representantes humanos. ¿Qué significaría para el sistema político que la integración se alcanzase en relación a representaciones discursivas que funcionan de forma relativamente independiente de los agentes implicados?

Mientras que las normas pueden ser codificadas de forma general, las medidas funcionales son específicas y se debería tener en cuenta una evaluación de sus sistemas de referencia para ser efectivas. Por ejemplo, lo que puede ser funcional en el caso de la "biotecnología"

podría no ser adecuado para los "materiales avanzados" y lo que funcionaría para un mejor desarrollo de la Universidad A podría ser contraproducente para la Universidad B.

¿Existe alguna razón para mayores diferenciaciones en el discurso y, posteriormente, efectuar compensaciones? En mi opinión, la etiqueta "neocorporativismo liberal" subestima la clase de estrategias políticas que deberían elaborarse, proponiendo un papel de reserva o de orquestador para el estado. Sin embargo, la intervención traslativa es específica al nivel de red (modo 2), pero esta especificación debe ser legitimada en relación a sus funciones para los sistemas relevantes (en el modo 1). Sin esta elaboración del discurso político en diferentes marcos de referencia y distintos horizontes temporales (al igual que en un ciclo de planificación estratégica y operativa), el sistema basado en el conocimiento puede debilitarse en su competencia a nivel global.

De esta forma, las políticas deberían basarse en valoraciones que deberán equilibrarse de modo reflexivo con las premisas normativas *dentro* del sistema de políticas. Cuando dos elecciones pueden interactuar una sobre otra, la traducción puede autoorganizar formas que permiten la especificación de acuerdos institucionales en los que el dinero público y las autoridades pueden servir para reforzar la integración entre subsistemas. La palabra *nexus* se ha utilizado para el resultado de dicha evaluación *constructiva* de la tecnología (Van den Belt y Rip, 1987).

Como ya se ha indicado, la elección se efectúa para la función, no para la estructura. Si la función puede ser estabilizada (por ejemplo, en términos de un *nexus*), es de esperar que la realimentación aumente en importancia y que las estructuras subyacentes se adapten ("la supervivencia del más apto"). En consecuencia, el "control" (*monitoring*) reflexivo es la más funcional de las políticas traslativas. Los resultados de estos "controles" conforman el proceso de decisión política sobre las opciones, aunque paradójicamente su función principal sea el ulterior desarrollo del discurso político en un sistema internamente diferenciado de traducción que es capaz de sostener el resultado no intencionado de un *nexus* innovador.

En general, una traducción tiene diferentes funciones para los distintos (sub)sistemas interactuantes. Las traducciones son asimétricas: los sistemas interactúan, pero inmediatamente después cada uno de ellos se reproduce en sus propios términos. Los sistemas de traducción reflexivos pueden aprender de sus interacciones puesto que el sistema transmitido se representa dentro del sistema transmisor y, con ello, este último puede actuar sobre el primero de manera selectiva. De esta forma, los sistemas de traducción son capaces de fortalecer su dinámica interna en el complejo ámbito de otros sistemas de traducción.

El precio de estas políticas parece ser la sustitución de la idea de un control normativo por la de un enfoque reflexivo sobre los "resultados no intencionados". No obstante, el sistema de referencia

para la atribución es diferente: mientras en un sistema funcionalmente codificado los políticos son responsables de sus acciones, un sistema de traducción no es capaz de atribuir la responsabilidad política de las decisiones cruciales. Por ejemplo, la Comisión Europea difícilmente podría ser considerada responsable de la unificación monetaria de Europa. El sistema de traducción no es responsable de su historia puesto que no se está arraigado en las "personas reales", sino en las comunicaciones entre ellas. Escoge entre acciones que pueden atribuirse a otros.

4. EL DESARROLLO ULTERIOR DE LA TRIPLE HÉLICE

¿Cómo se ha diferenciado e integrado la sociedad en el capitalismo moderno y post-moderno? ¿Qué espacio puede concebirse para nuevas recombinaciones de estas dinámicas diferentes? Como he argumentado, se requieren tres distinciones fundamentales para una descripción cuidadosa, a saber: (i) la diferenciación funcional y la correspondiente codificación en la comunicación, construidas principalmente durante los siglos XVII y XVIII, (ii) la diferenciación institucional entre economía y estados nación (cimentada en la primera mitad del siglo XIX), y (iii) la integración asignada de patrones de diferenciación funcional e institucional a partir de la revolución científico-técnica del periodo 1870-1890.

El *trans-episteme* emergente de la Triple Hélice transforma las ciencias en un método heurístico disciplinariamente específico que contiene las antiguas funciones (disciplinares) de forma

metaheurística. La resolución algorítmica del puzzle y la invención basada en recombinaciones analíticas de dominios diferentes se han convertido en la piedra angular de los desarrollos científico y tecnológico. De manera análoga, la transición tiende a transformar la economía en una compleja mezcla de competencia en precios y productos que exhibe una dinámica no lineal. El diseño de políticas se enfrenta al desafío de distinguir internamente entre el aparato del Estado, funcional para el desarrollo de la Triple Hélice, y el control reglamentario. Las consideraciones estratégicas y operativas pueden relacionarse, por ejemplo, en los ciclos de planificación.

Estas transiciones hacia una "sociedad de la información", en la que cada subsistema entraña suficiente complejidad como para transmitir de forma interna representaciones de sí mismo, constituyen, en la actualidad, tendencias sin completar. Sin embargo, desde una perspectiva evolutiva, cabe esperar que un sistema más complejo adopte a los sistemas previos, aunque de forma reflexiva. Se exploran varias formas y, finalmente, se seleccionan algunas. Los sistemas de traducción pueden desarrollarse a altas velocidades puesto que la Triple Hélice ya no se fundamenta en seres humanos, sino en discursos reflexivos e interactivos. La recursividad de las elecciones puede ser tratada mediante ordenadores con lo que los resultados pueden evaluarse aunque sean contraintuitivos para los sistemas "naturales" que llevan al sistema (véase Leydesdorff, 1994).

Es de prever una "evolución artificial" que transformará la economía a un ritmo

creciente puesto que se enfrenta a una mayor complejidad que sus predecesoras (Andersen, 1994). Como se ha señalado, la aparición de la "gran ciencia" durante el siglo XX puede considerarse como la culturización histórica del nuevo *trans-episteme* de ciencia-tecnología-economía. La organización reflexiva de sus patrones institucionales en nuevas formas de políticas sobre ciencia y tecnología se retrasó aparentemente hasta las crisis del petróleo de la década de los 70, cuando el sistema de la post-guerra entró en una serie de crisis a nivel de la economía

global. La aparición gradual de patrones estables de reproducción científica en campos como la "inteligencia artificial", la "biotecnología" y los "materiales avanzados" durante los 80 indica la viabilidad del modelo triádico de comunicación (Van den Besselaar y Leydesdorff, 1993 y 1996; Leydesdorff y Gauthier, 1996). En mi opinión, el sistema global está experimentando fuertemente con varios formatos para la institucionalización de las traducciones basadas en el conocimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRWEILER, P. (1995). *Künstliche Intelligenz-Forschung in Deutschland. Die Etablierung eines Hochtechnologie-Fachs [Artificial Intelligence Research in Germany: The establishment of a high-tech field]*. Münster/New York, Waxmann.
- ANDERSEN, E. S. (1994). *Evolutionary Economics: Post-Schumpeterian Contributions*. London, Pinter.
- ARTHUR, W. Brian (1988). 'Competing technologies.' In Dosi et al., pp. 590-607.
- BLAUWHOF, G. (1994). 'Non-equilibria Dynamics and the Sociology of Technology,' in Leydesdorff & Van den Besselaar, pp. 152-66.
- BRAVERMAN, H. (1974). *Labor and Monopoly Capital*. New York/London, Monthly Review Press.
- DOSI, G., C. FREEMAN, R. NELSON, G. SILVERBERG, and L. SOETE (Eds.) (1988). *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter.
- EISENSTEIN, E. L. (1979). *The printing press as an agent of change, Communications, and cultural transformaron in early modern Europe*, Vols. 1-2. London: Cambridge University Press.
- ELZINGA, A. (1985). 'Research, Bureaucracy and the Drift of Epistemic Criteria,' in: Björn Wittrock and Aant Elzinga (Eds.), *The University Research System*. Stockholm, Almqvist & Wiskell, pp. 191-217.
- FOUCAULT, M. (1972 [1969]). *The Archaeology of Knowledge*. New York, Pantheon.
- FREEMAN, C. and PÉREZ, C. (1988). 'Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour', pp. 38-66 in Dosi (1988).
- GALBRAITH, J. K. (1967). *The New Industrial State*. Penguin.
- GIBBONS, M., C. LIMOGES, H. NOWOTNY, S. SCHWARTZMAN, P. SCOTT, and M. TROW (1994). *The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies*. London, Sage.
- GOULDNER, A. W. (1976). *The dialectic of ideology and technology*. London, Macmillan.
- HABERMAS, J. (1968). 'Technik und Wissenschaft als «Ideologie»,', pp. 48-103 in *Technik und Wissenschaft als «Ideologie»*. Frankfurt a.M., Suhrkamp.
- HABERMAS, J. (1981). *Theorie des kommunikativen Handelns*. Frankfurt a.M., Suhrkamp.
- KAMPMANN, C., C. HAXHOLDT, E. MOSEKIL-DE, and J. D. STERMAN (1994). 'Entrainment in a Disaggregated Long-Wave Model.' Pp. 109-24 in Leydesdorff and Van den Besselaar (1994).
- KAUFER, D. S., and K. M. CARLEY (1993). *Communication at a Distance: The Influence of Print on Soclocultural Organization and Change*. Hillsdale NJ, Erlbaum).
- KAUFMANN, S. A. (1993). *Origlns of Order*. New York, Oxford University Press.
- KNORR-CETINA, K. D. (1982). «Scientific communities or transepistemic arenas of research? A critique of quasi-economic models of science,» *Social Studies of Science* 12, 101-30.
- LANGFORD, C. H., R. D. BURCH, & M. W. LANGFORD (1997). 'Some Canadian Experience of Innovation Crystallization from Networks Involving Industry and Universities under Government Influence,' *Science & Public Policy* (forthcoming).
- LATOUR, B. (1987). *Science in Action* Milton Keynes, Open University.
- LEYDESDORFF, L. (1994). 'The Evolution of Communication Systems', *Int. J. Systems Research and Information Science* 6, 219-30.
- LEYDESDORFF, L. (1995). *The Challenge of Scientometrics: the development, measurement, and self-organization of scientific Communications*. Leiden: DSWO Press, Leiden University.
- LEYDESDORFF, L. & VAN DEN BESSELAAR, P., (Eds.) (1994). *Evolutionary Economics and Chaos Theory: New Directions in Technology Studies*. London, Pinter.
- LEYDESDORFF, L. & É. GAUTHIER (1996). 'The Evaluation of National Performance in Selected Priority Areas using Scientometric Methods,' *Research Policy* (forthcoming).
- LEYDESDORFF, L. & VAN DEN BESSELAAR, P. (1997). 'Technological development and Factor Substitution in a Complex Dynamic System', *Journal of Social and Evolutionary Systems* (forthcoming).
- LUHMANN, N. (1989). *Gesellschaftsstruktur und Semantik III* (Frankfurt a.M.: Suhrkamp).

- MATURANA, H. R. (1978). 'Biology of language: the epistemology of reality.' Pp. 27-63 in Miller, G. A. and Lenneberg, E. (Eds.), *Psychology and Biology of Language and Thought. Essays in Honor of Eric Lenneberg*. New York, Academic Press.
- MARX, K. (1867). *Das Kapital I*. Hamburg, Meisner.
- MERTON, R. K. (1938). *Science, Technology and Society in Seventeenth-Century England*. Bruges, Saint Catherine Press.
- MONTESQUIEU, Ch. (1748). *De l'esprit des lois*. Paris.
- NELSON, R. R. (Ed.), (1993). *National Innovation Systems: A comparative study*. New York, Oxford University Press.
- NELSON, R. R. (1994). 'Economic Growth via the Coevolution of Technology and Institutions', pp. 21-32 in Leydesdorff & Van den Besselaar (1994).
- NELSON, R. R. and S. G. WINTER (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, Mass., Belknap Press.
- NOBLE, D. (1977). *America by Design*. New York, Knopf.
- OECD (1980). *Technical Change and Economic Policy*. Paris, OECD.
- PORTER, M. E. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. London, Macmillan.
- Rosenberg, Alexander (1994). *Instrumental Biology, or, the Disunity of Science*. Chicago, Chicago University Press.
- SCHUMPETER, J. A. (1939). *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of Capitalist Process*. New York, McGraw-Hill.
- SHAPIN, S. AND S. SHAFER (1985). *Leviathan and the air-pump: Hobbes, Boyle and the experimental Ufe*. Princeton NJ, Princeton University Press.
- SIMON, H. A. (1973a). 'The Organization of Complex Systems,' pp. 1-27 in Pattee, H. H. (Ed.), *Hierarchy Theory: The Challenge of Complex Systems*. New York, George Braziller Inc.
- SIMON, H. A. (1973b). 'Does scientific discovery have a logic?' *Philosophy of Science* 40, 471-80.
- TOBIAS, S., D. E. CHUBIN, & K. AYLES-WORTH (1995). *Rethinking Science as a Career: Perceptions and Realities in the Physical Sciences*. Tucson, AZ, Research Corporation.
- TONG, J. (1996). 'Reflections on Human Capital Theory and Niche Theory in Evolutionary Economics,' Paper at the *Triple Helix* Conference, Amsterdam 1996.
- VAN DEN BELT, H. & RIP, A. (1987). 'The Nelson-Winter-Dosi model and synthetic dye industry,' pp. 135-58 in: Bijker, W. et al. (Eds.), *The Social Construction of Technological Systems*. Cambridge, Mass., MIT.
- VAN DEN BESSELAAR, P. & L. LEYDESDORFF (1993). 'Research Performance in Artificial Intelligence and Robotics. An international comparison'. *AI Communications* 6, 83-91.
- VAN DEN BESSELAAR, P. & L. LEYDESDORFF (1996). 'Mapping Change in Scientific Specialties: A Scientometric Reconstruction of the Development of Artificial Intelligence', *Journal of the American Society for Information Science* 47, 415-36.
- WHITLEY, R. D. (1984). *The Intellectual and Social Organization of the Sciences*. Oxford, Oxford University Press.
- ZILSEL, E. (1976). *Ursprünge der neuzeitlichen Wissenschaft*. Wolfgang Krohn, Hrsg. (Frankfurt a.M.: Suhrkamp).