



¿Por qué funcionan los artefactos y sistemas?

Conceptos fundamentales del Análisis Socio- Técnico

Hernán Thomas *

Lucas Becerra **

Agustín Bidinost ***

Oliver Davenport ****

* Instituto de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes (CiTeDe-IESCT-UNQ - CIC-PBA), investigador principal CONICET. Correo electrónico: thomas@unq.edu.ar

** Instituto de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes (CiTeDe-IESCT-UNQ - CIC-PBA), investigador adjunto CONICET. Correo electrónico:

lucas.becerra@unq.edu.ar

*** Instituto de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes (CiTeDe-IESCT-UNQ - CIC-PBA), Personal de Apoyo CIC-PBA. Correo electrónico: bidinost88@gmail.com

**** Instituto de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes (CiTeDe-IESCT-UNQ - CIC-PBA), becario doctoral CONICET. Correo electrónico:

oliverdavenport10@gmail.com

Resumen

Las tecnologías –todas las tecnologías- desempeñan un papel central en los procesos de cambio social. Demarcan posiciones y conductas de los actores; condicionan estructuras de distribución social, costos de producción, acceso a bienes y servicios; generan problemas sociales y ambientales; facilitan o dificultan su resolución.

¿Cómo funcionan (y no funcionan) las tecnologías? constituye así una pregunta clave para las ciencias sociales (aunque muchas veces es delegada excluyentemente a las ciencias exactas o a las ingenierías).

Este artículo presenta y desarrolla una serie de conceptos fundamentales del Análisis Socio-Técnico: Co-construcción socio-técnica, funcionamiento/no-funcionamiento socio-técnico y alianzas socio-técnicas, bucles y vórtices de retroalimentación.

Tanto la configuración como el propio funcionamiento de un artefacto o sistema tecnológico se construyen como derivación contingente de las disputas, presiones, resistencias, negociaciones y convergencias que van conformando el ensamble heterogéneo entre actores, conocimientos, normativas, sistemas y artefactos.

Si el funcionamiento es un proceso de construcción socio-técnica -relativo, obviamente- la respuesta no está ni simple ni originariamente en los artefactos ni exclusivamente en los actores sociales, sino en las relaciones interactivas –en los procesos de co-construcción, socio-históricamente situados- entre artefactos y sistemas, actores e instituciones.

Palabras claves

ANÁLISIS SOCIO-TÉCNICO – ALIANZAS SOCIO-TÉCNICAS – CONSTRUCCIÓN DE
FUNCIONAMIENTO / NO FUNCIONAMIENTO – SIMETRÍA – RELATIVISMO

Introducción

Normalmente, la historia de la tecnología, así como los estudios económicos de la innovación focalizan su visión en los momentos, modelos y organizaciones “exitosas”. De ahí que la creatividad es explicada en términos positivos ¿Qué tiene un pueblo, un grupo, una empresa, un individuo que otros no tienen? ¿Qué conocimientos, formaciones, religiones, instituciones, costumbres, etc. tienen?

Las teorías derivadas de estos estudios tienden a internalizar las descripciones de los objetos estudiados. Así, algunas proposiciones terminan aproximándose a tautologías. Por ejemplo: las innovaciones funcionan porque son países desarrollados, otras no funcionan porque son países subdesarrollados; unos innovan porque sus principales actores económicos son firmas con trayectorias tecno-económicas basadas en la realización de actividades innovadoras, otros no innovan porque no poseen firmas schumpeterianas. En última instancia, este argumento tiene algo de metafísico: algunos tienen “algo” que otros no tienen, un “algo” que adquiere condiciones de “naturaleza” (un carácter inmanente de funcionamiento). Algunos “son” innovadores, otros no lo son. Los que innovan realizan las “acciones correctas”. Ergo, los que no innovan no tienen ese “algo” que los otros tienen; o se equivocan donde los primeros aciertan. Ninguna de estas afirmaciones puede sustentarse por sí misma para responder a la pregunta ¿Por qué?: ¿Por qué son más creativos? ¿Por qué aciertan? ¿Por qué tienen firmas schumpeterianas? ¿Por

qué basan su desarrollo en la realización de innovaciones? ¿Por qué sus artefactos funcionan? Y menos aún, pueden responder a la formulación negativa. ¿Por qué algunos no son creativos? ¿Por qué algunos se equivocan? ¿Por qué no tienen firmas schumpeterianas? ¿Por qué no basan su desarrollo en innovaciones? ¿Por qué sus artefactos no funcionan?

En última instancia, entonces, estas explicaciones incurren en una asimetría metodológica. Los elementos que permiten explicar por qué funciona una tecnología no permiten explicar por qué no funciona otra tecnología. Excepto, claro, por negación: la tecnología que no funciona carece de los elementos que la hacen funcionar, una tautología.

¿Cómo superar la asimetría teórico-metodológica? Una primera acción es revisar los conceptos elementales: tecnología y funcionamiento.

Porque las tecnologías (todas las tecnologías, las que funcionan y las que no funcionan) desempeñan un papel central en los procesos de cambio social. Demarcan posiciones y conductas de los actores; condicionan estructuras de distribución social, costos de producción, acceso a bienes y servicios; generan problemas sociales y ambientales; facilitan o dificultan su resolución (Winner, 1980; Callon, 1998; Thomas, 2008).

Al mismo tiempo –recíproca y sistémicamente– las sociedades son tecnológicamente construidas. Los artefactos y sistemas funcionan condicionando formas de uso, pertinencia y necesidad de conocimientos, formas de apropiación de beneficios, modelos de organización de la producción, dispositivos de control social, posibilidades de ejercicio del poder, visiones acerca de lo que es posible o imposible (Bijker y Law, 1994; MacKenzie, 2008).

Todas las sociedades humanas se desarrollan sobre bases materiales que ellas mismas (y eso que llamamos “naturaleza”) producen. Todas son condicionadas y restringidas en sus acciones y posibilidades por esta base material ¿Quiénes ganan y quiénes pierden? ¿Quiénes gobiernan y quiénes son subordinados? ¿Quiénes tienen acceso a bienes y servicios y quiénes están condenados a la indigencia? Y esa base material responde a una única explicación: la generación, producción, uso y adopción de tecnologías. De aquí entonces, preguntarse sobre ¿Cómo funcionan las tecnologías? constituye una cuestión clave: ¿Cómo concebir estrategias de desarrollo inclusivas y sustentables?, ¿Cómo generar espacios de libertad y justicia?, ¿Cómo democratizar nuestros sistemas políticos? La cuestión del funcionamiento (muchas veces delegada, tan modesta como negligentemente, a las ciencias naturales o a las ingenierías), constituye una cuestión económica, política, geoestratégica, ambiental y cultural; al mismo tiempo que científica y tecnológica (Elzen, Enserink y Smit, 1996).

América Latina es un escenario privilegiado para analizar estas dinámicas socio-técnicas de inclusión y exclusión, de hegemonía y subordinación, de tentativas y fracasos (Thomas y Becerra, 2014 y Becerra y Thomas, 2017). Un cuasi experimento de contrastación de teorías y observaciones empíricas: estrategias de desarrollo institucional, construcción de redes colaborativas, tácticas de integración internacional, internalización de soluciones tecnológicas exogeneradas. Un cuasi-experimento donde los fracasos no se ocultan tras los éxitos, donde las explicaciones simplistas y lineales resultan insuficientes, donde la planificación monocausal “racional” evidencia sus restricciones e imposibilidades.

En términos generales, el par tecnología-funcionamiento ha sido tratado en las ciencias sociales (la historia, la sociología, la antropología, las ciencias políticas y,

aún, la economía) como una “caja negra” (Rosenberg, 1982). La construcción de esta “caja negra” implica al menos dos problemas ontológicos que tienen alcances analíticos.

Por un lado, la tecnología (sus dinámicas y procesos) ha sido tratada como una “variable independiente” que tiene “efectos” sobre los procesos sociales (determinismo tecnológico) o como una “variable dependiente” en donde las decisiones de los actores y grupos sociales determinan las trayectorias de cambio tecnológico (determinismo social) (Thomas, 2008).

Por otro, cuando se presenta en los análisis la cuestión del “funcionamiento”, los analistas (sociólogos, historiadores, economistas, politólogos) confunden –de forma recurrente– lo que entienden los actores socio-históricamente situados (empresarios, *policy makers*, tecnólogos, usuarios, etc.) como “funcionamiento” (siempre particular, y situado), con una definición analítico-metodológica universal, *ex-ante*, útil para todo análisis. Esta confusión, en última instancia, convierte al analista en un actor más.

Es por esto que una primera acción necesaria para entender por qué funcionan las tecnologías es distinguir claramente el nivel de los actores (el cual no es objeto de análisis de este documento) del nivel analítico-metodológico (al cual nos dedicaremos en extenso a lo largo de las siguientes páginas).

La noción de sentido común sobre qué tecnología funciona y cómo funciona a nivel de los actores es usualmente definida como sigue. Según el diccionario de la Real Academia Española (RAE), el funcionamiento es la acción y el resultado de funcionar (y ofrece como ejemplo la aseveración: “el funcionamiento del aparato es correcto”) (RAE, 2014a). Asimismo, define funcionar con dos acepciones: 1) dicho de

una persona, de una máquina, etc.: Ejecutar las funciones que le son propias y 2) marchar o resultar bien. “El negocio funciona como esperaba” (RAE, 2014b).

Esta definición de sentido común focaliza la noción “funcionamiento” en el nivel del actor: es éste quien define si los artefactos y sistemas “se comportan normalmente”, “con corrección”, “de un modo efectivo”, “se comportan como se esperaba para ejecutar las funciones que les son propias”, “cumplen con su cometido” (y definen en qué consiste esa “normalidad”, “corrección”, “efectividad”, “cometidos”). Una explicación subjetiva. Una forma de determinismo social.

Aunque también en el plano del actor (en el sentido común de los usuarios, en las concepciones de ingenieros, tecnólogos y científicos), es posible encontrar juicios deterministas tecnológicos, donde el funcionamiento es inmanente al objeto: se explica por las propias condiciones, características, “naturaleza”, de los artefactos y sistemas.

Lejos de una explicación inmanente (determinista tecnológica) o exclusivamente actoral (determinista social) del funcionamiento de la tecnología, en este artículo se propone un marco teórico y metodológico, con herramientas analíticas concretas, que permitan abrir la “caja negra” del funcionamiento de las tecnologías a los fines de informar marcos conceptuales con mayores grados de capacidad descriptiva y explicativa. En este artículo sintetizamos algunos de los desarrollos teóricos-conceptuales de un grupo de investigadores del Instituto de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes (IESCT-UNQ CIC-BA) en Argentina, cuyo resultado fue la producción de un *framework* relativista-constructivista: el “Análisis Socio-Técnico” (AST).

La línea argumental del presente artículo responde a la siguiente secuencia. En primer lugar, se abordan críticamente las construcciones de sentido común sobre

tecnología y se propone una nueva definición propia. En segundo término, se presenta los aportes de SCOT a la categoría funcionamiento. En tercer lugar, se realiza un análisis crítico de las propuestas focalizadas en la noción de “funcionamiento”, evaluando en particular las contribuciones y restricciones de Wiebe Bijker, triangulando conceptualmente con aportes de la Teoría del Actor-Red (Bruno Latour y Michel Callon) y de Grandes Sistemas Tecnológicos (Thomas Hughes). En cuarto término, se desarrolla un nuevo conjunto de herramientas analíticas, adecuadas para complementar, profundizar y superar las restricciones de las conceptualizaciones previamente disponibles. Finalmente, se propone una nueva definición de “funcionamiento”, útil para operacionalizar investigaciones de base empírica sobre procesos socio-técnicos no lineales de construcción de funcionamiento y no-funcionamiento.

Definiciones preliminares: De la “tecnología” a las “tecnologías” (en plural)

Los diccionarios contienen definiciones de “tecnología” que reflejan ese sentido común, tales como: “Conjunto de los conocimientos propios de una técnica”, “Conjunto de los instrumentos, procedimientos o recursos técnicos empleados en un determinado sector o producto” (Larousse, 2011: 965). “Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico”, “Conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto” (RAE, 2014c). “Scientific knowledge used in practical ways in industry” (Oxford University Press, s./f.).

En esa misma línea, la producción académica tradicional, ha alimentado nociones donde la tecnología es conocimiento científico aplicado, favoreciendo una conceptualización donde la tecnología se ubica y se realiza en “la frontera del conocimiento científico” (Bunge, 1966). O bien, donde la tecnología se define como ciencia aplicada más mercado (Bunge, 1972). En este sentido, la tecnología se ve reducida a un nivel instrumental, de carácter excluyentemente artefactual.

Una definición de tecnología más amplia y que permite mayores niveles de interjuegos analíticos es la provista por Langdon Winner (1977). Para Winner, el concepto tecnología se despliega en tres niveles: i) los artefactos (las tecnologías materiales como herramientas, instrumentos, máquinas, utensilios, etc.), ii) los procesos (las habilidades, métodos, procedimientos, rutinas, etc.), y iii) las formas de organización social (las empresas, las cooperativas, los clubes, y también formas no institucionales, como el barrio o vecindario).

La tecnología entendida de esta forma permite pensar vínculos entre esos tres niveles y, por extensión, desplegar análisis consistentes. Es decir, entender cómo los artefactos se inscriben dentro de procesos y cómo ambos son parte de las formas de organización.

Es más, esta definición permite situar socio-históricamente a cada tecnología singular, dándole un rol particular dentro de un conjunto de relaciones sociales dadas. Lo que, en la práctica analítica, nos lleva a identificar *tecnologías*, en plural (Gille, 1978).

Si bien los trabajos de Winner amplían la definición de tecnología, ésta aun refiere significativamente a su dimensión material, y su funcionamiento está determinado por la forma que adquiere. Los puentes de Long Island (analizados por Winner), reifican dinámicas excluyentes debido a su forma: son demasiados bajos.

Ahora bien, ¿qué pasaría si nadie cruzara por debajo de esos puentes? ¿Seguirían ejerciendo exclusión?

Las tecnologías, todas y en plural, solo tienen un uso o desempeñan una función cuando son utilizadas por un humano o integradas en una serie de relaciones con otros artefactos y sistemas tecnológicos. Lo cual implica que las “cosas” (como categoría universal) se convierten en tecnologías cuando se movilizan en términos de acciones humanas: desde un naturfacto (un elemento tomado de la naturaleza para cumplir un uso o función, De Gregori, 1988) hasta el diseño, producción y puesta en marcha de una Central Nuclear (Thomas *et al*, 2008). Y que, por lo tanto, además de la dimensión material de las tecnologías, existen conocimientos y prácticas puestas en acto.

Así, es posible definir a las tecnologías en diferentes dimensiones: conocimientos, artefactos y prácticas.

La dimensión artefactual es la más obvia, pues normalmente responde a objetos materiales observables y tangibles (pero no siempre, por ejemplo, en el caso del *software* o la inteligencia artificial, en las técnicas contables, en las operaciones de control de calidad, etc.).

El único problema es que, de tan obvia, la dimensión artefactual tiende a desplazar de la atención a las otras dimensiones tecnológicas. Y, en particular, genera y justifica todo un territorio explicativo basado en la existencia de dos esferas independientes entre sí, una tecnológica y otra social, dos enormes conjuntos mutuamente excluyentes. Y esta diferenciación es la base epistemológica de los abordajes deterministas.

La dimensión cognitiva es menos autoevidente. Todas las tecnologías son combinaciones de una diversidad de conocimientos: tecnológicos previamente

disponibles, prácticos, consuetudinarios, ancestrales y científicos que han sido objeto de un tratamiento singular, a fin de convertirlos en insumos para el diseño de artefactos y sistemas por parte de ingenieros y tecnólogos. En rigor, esos conocimientos científicos han sido transformados en nuevos conocimientos tecnológicos, útiles para ser integrados en nuevas combinatorias. Desde esta perspectiva de análisis, los usuarios finales no utilizan nunca conocimientos científicos, sino artefactos tecnológicos en los que esos conocimientos, adecuados para su uso tecno-productivo, son parametrizados, integrados e incorporados. Esto dista sustantivamente de la afirmación que la tecnología es ciencia aplicada.

Respecto a la dimensión de las prácticas, no se trata simplemente de las técnicas que utiliza un operario industrial en contextos productivos. Desde el piso de una fábrica hasta un torneo de tenis, desde la conducción de un vehículo hasta la reparación de calzados, desde la manipulación de teclados hasta el ejercicio de diseño de sistemas de control, todos los humanos desplegamos una extensísima serie de prácticas tecnológicas que condicionan nuestras capacidades laborales, nuestras formas de comunicación y desplazamiento, nuestras formas de diversión y de comprensión del mundo. Realizamos cotidianamente un fantástico despliegue de prácticas que hacen nuestras vidas posibles. Y, como no nacemos con ellas, constituyen una parte sustantiva de nuestros aprendizajes, desde cómo extraer leche de un biberón hasta cómo diseñar un edificio. Hacer y aprender, aprender haciendo. Gran parte de esas prácticas no están codificadas, constituyen una dimensión del conocimiento de la que aún comprendemos poco: el “conocimiento tácito” (Arrow, 1962; Nonaka y Takeuchi, 1995; Polanyi, 1966; Rosenberg, 1982).

Y, además, estas tres dimensiones se realizan de manera conjunta y entrelazada, sistémicamente vinculadas. Conocimientos que generan (y se

incorporan en) artefactos que son utilizados y operados en (y gracias a) ciertas prácticas, que implican aprendizajes, que generan nuevos conocimientos y nuevos artefactos.

Ahora, si aceptamos que las tecnologías son mucho más que lo definido por el sentido común, es posible ensayar una definición de tecnologías en clave de: conjunto de acciones (cognitivas, artefactuales y práxicas) realizadas conscientemente por los humanos para alterar¹, prolongar² o parametrizar³ el estado de las cosas con el objetivo de que desempeñen un uso o función.

Del funcionamiento inmanente de las tecnologías a su construcción social

¹ Con “alterar” el estado de las cosas nos referimos a una diversa cantidad de acciones heterogéneas orientadas a movilizar, modificar, transformar, impulsar, activar, detener, fluir, desplazar, comunicar, combinar, acelerar, diseñar, planificar, etc. Comprende actividades tan diversas como producir, cocinar, sembrar y cosechar, reprimir, capacitar, supervisar, conducir, jugar, entre otras.

² Con “prolongar” el estado de las cosas nos referimos a una diversa cantidad de acciones heterogéneas orientadas a estabilizar, preservar, contener, estructurar, impedir, mantener, fijar, conservar, etc. Comprende actividades tan diversas como congelar, mantener el *statu quo*, empacar, reparar, inmovilizar, o aún, establecer controles de precios máximos, entre muchas otras.

³ Con “parametrizar” nos referimos a un conjunto extenso y multiforme de acciones orientadas a caracterizar y dimensionar –cualitativa o cualitativamente– el estado de las cosas. Comprende actividades tan diversas como medir, observar, monitorear, vigilar, caracterizar, describir, analizar, dimensionar, evaluar, entre otras. Muchas de estas acciones (cognitivas, artefactuales y práxicas) están destinadas a ponderar procesos de estabilidad y cambio del estado de las cosas.

Contra lo que supone el sentido común (y esto incluye también a ingenieros, científicos y tecnólogos) una tecnología no funciona porque está técnicamente bien diseñada y producida. El funcionamiento de los artefactos no es algo “intrínseco a las características del artefacto” (Bijker, 1995: 14), sino que es una contingencia que se construye social, tecnológica, política y culturalmente. Una cuestión no desarrollada –ni en términos conceptuales ni mucho menos metodológicos– por otros enfoques de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología (en particular, por los otros abordajes constructivistas: ni por Bruno Latour y Michel Callon ni por Thomas Hughes).

Wiebe Bijker (1995) ha realizado tres aportes sustantivos al análisis de los procesos de construcción de funcionamiento:

- a. el funcionamiento es un aspecto central y sustantivo (no adjetivo) del análisis de las tecnologías,
- b. el funcionamiento es una construcción social, y
- c. el funcionamiento es lo que hay que explicar, no lo que explica.

Centralidad del funcionamiento

Christopher Freeman (1995) afirmaba que un artefacto no es adoptado porque funciona; funciona porque es el adoptado. En todo proceso de innovación los artefactos funcionan porque son objeto de diferentes alteraciones y mejoras que generan crecientes ventajas de adopción. En tanto los artefactos no elegidos no son beneficiarios de estas mejoras sucesivas. Por eso, al final de este proceso, resultan ser los que funcionan.

En un sentido convergente con el economista de la innovación, para Bijker –en sus marcos tecnológicos⁴– el funcionamiento no es una cuestión objetiva (el funcionamiento está en los artefactos), pero tampoco subjetiva (el funcionamiento es una construcción social).

Tanto en Freeman como aún más explícitamente en Bijker, el funcionamiento constituye el resultado de un proceso de construcción social, no el resultado de un acierto puntual de diseño, y menos aún, de serendipia. Es un nudo explicativo fundamental para la comprensión de los procesos de aprendizaje y de cambio tecnológico.

Construcción social del funcionamiento

En los marcos tecnológicos de Bijker (1995), el funcionamiento de una tecnología es una relación interactiva entre actores y artefactos. Es una contingencia socialmente construida. Los artefactos, sus características y condiciones físicas son tan relevantes como la subjetividad de los actores implicados. Simplemente porque no es posible asignar cualquier sentido a cualquier artefacto o sistema. Esto permite a Bijker recuperar la simetría analítica y superar, al menos parcialmente, la denunciada incompatibilidad entre la Teoría del Actor-Red (ANT) y el Constructivismo Social de la Tecnología (SCOT).

⁴ Un marco tecnológico (Bijker, 1987) es un concepto que busca aplicarse a la interacción entre varios actores. No es una entidad fija, es desarrollado como parte del proceso de estabilización de una tecnología. Incluye tanto el reconocimiento de aquello que cuenta como un problema como las estrategias disponibles para resolverlo y los requerimientos que una solución debe tener.

El funcionamiento como *explanandum*

Dadas las consideraciones anteriores, para Bijker (1995) el funcionamiento de un artefacto o sistema no debe ser considerado como *explanans* (lo que explica: un artefacto es adoptado porque funciona) sino como *explanandum* (lo que hay que explicar: ¿por qué un artefacto funciona?). El funcionamiento de un artefacto socio-técnico es así un objeto de análisis, focalizado en el proceso de construcción continua, que se despliega desde el mismo inicio de su concepción y diseño hasta alcanzar un estado de estabilización y clausura.

Tal vez el aporte más relevante de Bijker refiere a la tensión entre verdad y funcionamiento en el plano del análisis relativista. Es que los actores sociales (desde los tecnólogos hasta los usuarios finales) no se preguntan si una tecnología es verdadera o falsa. En el campo de las tecnologías la pregunta pertinente es: ¿funciona o no funciona? De hecho, en términos estrictamente relativistas-constructivistas la cuestión de la verdad en el terreno tecnológico es completamente irrelevante. No hay tal cosa como verdades tecnológicas. Mucho menos, verdades socio-técnicas. En el campo de las tecnologías, la cuestión de la verdad carece de valor explicativo.

Análisis Socio-Técnico del funcionamiento/no-funcionamiento de las tecnologías (de SCOT y ANT a AST)

Es necesario complementar, profundizar y ampliar el desarrollo teórico de Bijker (1995) para evitar el riesgo de restringir el alcance de los procesos de construcción de funcionamiento a una cuestión semiótica, a homogéneos procesos sociales de asignación de sentido.

Agencia simétrica de actores y artefactos

Los artefactos, sus características y condiciones físicas son tan relevantes como la subjetividad de los actores implicados. No es simplemente porque la agencia de los artefactos impide asignar cualquier sentido a cualquier tecnología, sino también porque los artefactos (en relación con otros artefactos, sistemas tecnológicos y actores sociales) condicionan lo que es posible/imposible, lo que es bueno/malo, lo que existe/lo que no es (Thomas, Becerra y Bidinost, 2019).

Construcción socio-técnica de funcionamiento/no-funcionamiento

En pos de una mayor simetría es conveniente integrar en la propuesta analítica el concepto de co-construcción de actores y artefactos de Trevor Pinch (1996). El funcionamiento o no-funcionamiento de un artefacto es resultado de un proceso no lineal de co-construcción socio-técnica en el que intervienen simétricamente – normalmente de forma auto-organizada– elementos heterogéneos, humanos y no humanos: condiciones materiales, artefactos y sistemas, instituciones de I+D, conocimientos tácitos y codificados, regulaciones, financiamiento, usuarios, etc. Supone complejos procesos de adecuación de respuestas/soluciones tecnológicas a concretas y particulares articulaciones socio-técnicas históricamente situadas (Oudshoorn y Pinch, 2003; Vercelli y Thomas, 2007).

El funcionamiento como proceso dinámico

El funcionamiento de un artefacto no es un fenómeno estático, ocurrido en un momento único, resultado de la inspiración de un tecnólogo o del talento natural de

un *practitioner*. Se produce como resultado de una secuencia desplegada en una trayectoria socio-técnica (Bortz, Becerra y Thomas, 2018; Thomas, Versino y Lalouf, 2008). ¿Cuándo y en qué circunstancias funciona y cuándo deja de funcionar? ¿Dónde funciona y dónde no? ¿Para quién funciona y para quién no? Lejos de una linealidad lógica, estas secuencias responden a la agencia de diversos actores y artefactos, al interjuego de los elementos heterogéneos antes enunciados.

Construcción de funcionamiento como proceso auto-organizado

De lo anterior, entonces es consistente afirmar que los procesos de construcción de funcionamiento/no-funcionamiento son auto-organizados. No responden a procesos humanos, lógicos, racionales, de progreso, direccionamiento y organización del cambio tecnológico. Obviamente, sí pueden ser objeto parcial de iniciativas organizadas, por ejemplo, de estrategias empresariales que intentan disminuir el grado de incertidumbre de los procesos de innovación, y también pueden ser resultado de procesos de auto-organización secundaria, pues normalmente los procesos de cambio tecnológico toman como punto de partida tecnologías anteriores. Pero de ningún modo es posible afirmar que los procesos de construcción de funcionamiento/no-funcionamiento son previsibles, ni lineales, ni gobernables, ni, menos aún, autónomos, evolutivos y racionales (Becerra, 2022 y Becerra y Thomas, 2023).

Ahora bien, no basta entonces con declarar –tomando como punto de partida los desarrollos de Bijker– la centralidad analítica del funcionamiento y su carácter socio-técnicamente construido. Precisamente porque el funcionamiento debe ser explicado, la siguiente pregunta lógica es: ¿Cómo integrar en un marco conceptual consolidado las dimensiones de agencia de las tecnologías (en términos simétricos),

co-construcción (de actores y artefactos), proceso (como dimensión dinámica) y auto-organización (en clave de sistemas)? O, lo que es lo mismo, ¿Cómo se explica y analiza el funcionamiento/no-funcionamiento de las tecnologías en términos de interacciones heterogéneas no-lineales dinámicas?

¿Cómo analizar interacciones heterogéneas no-lineales dinámicas?

Para resolver conceptual y metodológicamente esta pregunta es ineludible generar una unidad de análisis que permita abarcar el conjunto de interacciones entre actores y artefactos de cualquier proceso de cambio socio-técnico, en términos relativistas-constructivistas ¿Cómo relevar y mapear estas vinculaciones causales no-lineales? La solución a este problema toma la forma de un concepto: “alianza socio-técnica”. Tomando como base abordajes relativistas-constructivistas previos, hemos definido “alianza socio-técnica” como: (re)construcción analítica de una coalición de elementos heterogéneos implicados en el proceso socio-técnico de construcción de funcionamiento/no-funcionamiento de una tecnología (Maclaine Pont y Thomas, 2007; Thomas, Becerra y Bidinost, 2019).

El concepto “alianza socio-técnica” fue concebido para dar cuenta de relaciones explicativas no deterministas *a priori*. Para superar, al mismo tiempo, tanto las restricciones de historias monolíticamente tecnológicas, como las limitaciones de homogéneas historias sociales del cambio tecnológico. Todas las dinámicas de co-construcción se dan en el marco de heterogéneas alianzas socio-técnicas. Una alianza se constituye, en términos dinámicos, como: Movimiento de interjuego de alineamiento y coordinación (en el sentido de Callon, 1992) –auto-

La simetría analítica en las alianzas socio-técnicas

El principio teórico-metodológico de simetría radical, restringe el alcance de ANT a las dimensiones analíticas aplicables a los no-humanos. Así, un arsenal de conceptos de las ciencias políticas, sociales, económicas, antropológicas, etc. quedan inhibidos por principio.

El concepto de alianza socio-técnica permite desconstruir el carácter identitario de humanos y no-humanos, en tanto artefactos y actores cuyo sentido se co-construye de forma relativa en el marco de un conjunto de interacciones socio-históricamente situadas. Esto no implica una “ley” de simetría de las agencias. Por ejemplo, los humanos aprenden, los no-humanos no.

Utilizando los procesos de co-construcción desplegados en alianzas socio-técnicas es posible preservar las ventajas del principio de simetría –respecto de la capacidad de humanos y no-humanos de alinear y coordinar a terceros– sin caer en las trampas de la mono-disciplinariedad o el recorte de la capacidad explicativa. Pero, al mismo tiempo, sin caer en los problemas metodológicos del abordaje Actor-Red.

La simetría socio-técnica libera así un enorme potencial de triangulación teórica. Obviamente no con cualquier teoría, sino con aquellas relativistas, con las que entienden el poder como agencia, y con las que centralizan su capacidad explicativa en la (re)construcción analítica de relaciones.

Auto-organización de las alianzas socio-técnicas

Las alianzas socio-técnicas son coaliciones auto-organizadas. Aunque en algunos casos es posible registrar acciones de planificación parcial, la plena organización planificada no es posible. Por ejemplo, una gran empresa oligopólica transnacional o

un gobierno pueden ejercer poder suficiente como para construir el funcionamiento de sus sistemas tecnológicos, inhibiendo (destruyendo una alianza local rival) o subordinando (incorporando los elementos de la alianza local a su propia alianza) los desarrollos artefactuales de emprendimientos locales de menor escala. O, en otros términos, su estrategia de control de mercado y territorio les permite gobernar algunos aspectos clave de la alianza socio-técnica en la que desarrolla sus negocios o sus planes nacionales.

Pero, a lo largo de la historia, es posible observar que esa capacidad de alineamiento y coordinación es acotada por una multiplicidad de elementos cuya agencia escapa al control de las firmas o los estados, desde alteraciones en la estructura de negocios hasta cambios climáticos. Por eso, aún en estos casos, las alianzas socio-técnicas son –en última instancia– auto-organizadas. En rigor, lo que sí ocurre es que la capacidad de organización de estos grandes actores les permite desplegar capacidades redundantes, poder de coerción, movilización y capacidad de control de los procesos de cambio, tales que pueden ejercer posiciones dominantes o, incluso promover la construcción de alianzas alternativas, ejerciendo su poder oligopólico u oligopsónico.

A diferencia de los grandes sistemas tecnológicos de Hughes (1987), las alianzas socio-técnicas no responden simplemente a la lógica de organización de un constructor de sistemas, de alguien –individuo o institución– con la capacidad de incorporar en el sistema elementos del entorno según sus intereses (Hughes, 1987); ni se configuran y estabilizan simplemente por la agencia de un actante con capacidad de traducir los intereses de intermediarios (Callon, 1992; Latour, 2005).

De hecho, una de las funciones centrales del AST consiste en poder explicar esos

procesos de auto-organización (Thomas, Becerra y Bidinost, 2019). Porque no se trata de cambios generados por intervenciones puntuales de *system builders* o actantes, sino de procesos relacionales no lineales de co-construcción.

Bucles y vórtices de retroalimentación

No basta con hablar de sistemas auto-organizados. La noción de auto-organización no es auto-explicativa. Es necesario explicar cómo funcionan las alianzas socio-técnicas en términos de entidades auto-organizadas, en particular, su generación y estabilización, los movimientos de endo y exocausalidad (Debrun, 1996), y finalmente, por qué se desestabilizan en algún momento. Al analizar las trayectorias de una alianza socio-técnica estas dimensiones adquieren relevancia explicativa.

Si bien el AST es relacional, basado en dinámicas de co-construcción, lejos está de proponer una lógica de “todo tiene que ver con todo”, o donde el “contexto” se integra como un todo en el análisis. Y tampoco implica que todas las relaciones establecidas entre elementos de la alianza socio-técnica tienen el mismo peso explicativo. No todos los elementos de una alianza socio-técnica ocupan posiciones equivalentes y transmutables, ni se desempeñan de forma homogénea y simétrica, ni se vinculan unos con otros de forma aleatoria.

El concepto *bucles de retroalimentación* –en la acepción utilizada originariamente por Edgar Debrun (1996) para dar cuenta de sistemas complejos auto-organizados– ha sido (re)diseñado aquí para relevar y ordenar analíticamente relaciones causales e identificar la conformación de interacciones y movimientos de co-construcción socio-técnica entre elementos heterogéneos en secuencias temporales situadas.

Es posible definir de diversos modos estos bucles de retroalimentación⁶. Una primera definición es: núcleo de relaciones interactivas entre elementos heterogéneos discretos que orientan particulares movimientos de co-construcción que tienden a alinear y coordinar al conjunto de la alianza, desde un nivel de auto-organización primaria, que le da origen, hasta diferentes planos de auto-organización secundaria, que orientan su crecimiento, trayectoria y cohesión interna. Orientación y cohesión que se mantienen en el tiempo mientras las interacciones se alineen y coordinen al menos con la misma intensidad y poder de agencia⁷.

Otra definición, tal vez más sencilla: conjunto de interacciones que, alineadas y coordinadas entre sí en *loops* de retroalimentación (interjuegos), ejercen agencia sobre el resto de los elementos constitutivos de la alianza socio-técnica, construyendo el funcionamiento de esos elementos. En las fases de construcción y estabilización de las alianzas, los elementos discretos componentes de estos *loops* se refuerzan mutuamente. Y en estos movimientos, al mismo tiempo, alinean y

⁶ Un análisis en términos de bucles de retroalimentación puede encontrarse en Thomas, Becerra y Trentini (2019).

⁷ Para el AST, la agencia es una relación socio-técnica, ejercida tanto por actores sociales como por artefactos y sistemas tecnológicos, de alineamiento y coordinación a otros actores y artefactos.

La agencia se ejerce, no se tiene. Remite así a una conceptualización particular, dinámica, de las nociones de poder y control.

La agencia puede adquirir diferentes formas. Una de las más evidentes es el ejercicio del poder: control, hegemonía, orientación, inhibición, promoción. Pero existen otras formas de agencia, no o indirectamente vinculadas a relaciones de poder: capacitación, conocimiento, diseño, provisión, producción, consumo y uso, sólo por dar algunos ejemplos. Estas otras formas a veces se entrelazan en relaciones de poder, pero no siempre. Así, no toda agencia constituye una relación de poder. Agencia y poder no son sinónimos.

Así, la identificación de estos bucles de retroalimentación permite diferenciar y jerarquizar interacciones y relaciones (principales o centrales, de derivadas o periféricas), comprender los procesos de construcción de funcionamiento/no- funcionamiento de las tecnologías, reconstruir analíticamente fases de la trayectoria de una alianza, mapear los movimientos de ampliación/densificación y reducción/simplificación de las alianzas.

Al mismo tiempo, la agencia de estos bucles demarca las posibilidades de desarrollo, transformación, identidad, crecimiento y mutación de las alianzas. Por un lado, intervienen activamente en la generación de trayectorias y dinámicas socio-técnicas (Thomas, 2008), y en los procesos de construcción de sentido (acerca de lo que existe/no existe, lo que es bueno/malo y lo que es posible/imposible). Por otro lado, condicionan el *path* de desarrollo tecnológico, los estilos socio-técnicos⁸ viables que es posible desplegar en el marco de esa alianza.

Así, lo que en la economía de la innovación se denomina *path dependence* (Arthur, 1994; Dosi, 1988) puede ser analizado con ventajas en términos de AST, considerando la generación, presencia y extensión de bucles de retroalimentación: ¿por qué en el transcurso del tiempo nuevos elementos heterogéneos se alinean y coordinan de formas particulares, compatibles con la trayectoria preexistente?

⁸ En el AST, estilo socio-técnico (Aguilar, Fressoli y Thomas, 2008) refiere a formas relativamente estabilizadas de producción de tecnologías y de construcción de su “funcionamiento” y “utilidad”. Un estilo socio-técnico se conforma en el interjuego de elementos heterogéneos: relaciones usuario-productor, sistema de premios y castigos, distribución de prestigio, condiciones geográficas, experiencias históricas regionales y nacionales, etc. Se diferencia del concepto de estilos tecnológicos de Thomas Hughes, restringido a la influencia que ejercen los elementos del entorno al incorporarse como componentes de un sistema tecnológico.

No se trata de interacciones en planos homogéneos (tanto en términos espaciales como temporales). Por el contrario, la agencia de los bucles atraviesa –y destruye– las diferenciaciones *a priori* micro-macro. Por un lado, porque –en términos sistémicos– todos los puntos de pasaje obligatorio (Callon, 1986) funcionan de forma fractal: desde las microprácticas de los actores y artefactos discretos hasta las macrodinámicas políticas, económicas y sociales. Esto incluye, por ejemplo, la gobernanza de los sistemas nacionales de innovación y producción, las trayectorias tecno-económicas sectoriales, o el desarrollo de *clusters*. Por otro, porque se trata, precisamente de un comportamiento solidario de elementos heterogéneos, en términos de una única alianza socio-técnica. Lejos de significar una debilidad o fragilidad, tal heterogeneidad alineada y coordinada constituye el elemento de cohesión y estabilidad de la alianza, integrado en su dinámica de co-construcción.

Otros conceptos económicos afines al de *path dependence* (Dosi, 1982), como “ventajas crecientes de adopción”, “economías de escala y alcance” (Chandler, 1990), “*patterns* de desarrollo tecnológico” (Breschi, Lissoni y Malerba, 2000; Malerba y Orsenigo, 1996), y aún las nociones más abarcativas de “estructura económica” (Samuelson, 1964) o “sistema económico” (Conklin, 1991; Heilbroner y Boettke, 2007), adquieren así otro nivel de inteligibilidad.

En síntesis, son los bucles de retroalimentación los que explican los procesos de generación, protección, estabilización y consolidación de una alianza socio-técnica –y sus principales elementos constitutivos– ante eventuales cambios.

La operacionalización del concepto bucles de retroalimentación en el plano metodológico permite abrir la “caja negra” de los procesos de construcción de funcionamiento y las formas en que artefactos y sistemas inciden en los procesos de cambio socio-técnico, las dinámicas de poder, los modos de acumulación. Es

conveniente discernir entre, al menos, tres planos de aplicación, diferenciando al mismo tiempo tres objetos de análisis.

Primer nivel de análisis: un bucle de retroalimentación singular

La (re)construcción analítica de un bucle de retroalimentación singular evidencia la trama de interjuegos auto-organizados de co-construcción (y algunos parcialmente organizados) que dan sustento y funcionamiento a la alianza socio-técnica de una tecnología en particular.

Este análisis singular permite responder a preguntas de investigación tales como: ¿Cómo se conformó inicialmente una tecnología? ¿Qué elementos heterogéneos se combinaron en su concepción y diseño? ¿Por qué ciertos artefactos y sistemas responden a ciertas características estables en el tiempo?

Para operacionalizar este nivel de análisis es necesario (re)construir el proceso de alineamiento y coordinación: de movimientos no lineales, de relaciones causales entre elementos heterogéneos discretos. Por ejemplo: necesidades socio-institucionales, valores académicos, criterios ideológicos de calidad y pertinencia, instrumentos de medición, objetivación, organización institucional, política pública de investigación y desarrollo, redes tecno-productivas locales e internacionales, instrumentos de financiamiento, jerarquización de publicaciones científicas, etc.

Segundo nivel de análisis: interacción entre bucles, vórtices de retroalimentación

Normalmente resulta insuficiente el análisis de un bucle singular para comprender el funcionamiento de un artefacto o sistema en términos socio-técnicos, en una alianza socio-técnica dada. Por una parte, porque a lo largo del tiempo los procesos de

construcción de funcionamiento atraviesan diversas fases. Por otra, porque esas articulaciones dinámicas varían de un escenario de aplicación o uso a otro. Pero fundamentalmente porque no basta con un solo bucle para explicar por qué una tecnología se estabiliza, deviene “la adoptada”, se extiende su uso, “funciona” para una diversidad de usuarios.

O aún, más precisamente, porque la relación entre bucles permite explicar en términos de flexibilidad interpretativa procesos de construcción de funcionamiento/no-funcionamiento con la participación activa de diferentes grupos sociales relevantes. Por ejemplo, para responder con competencia explicativa a preguntas de investigación tales como: ¿Cómo se co-construyeron los usuarios y productores con ciertos artefactos y sistemas? ¿Bastaría con cambiar alguno de sus elementos constitutivos para resolver los problemas generados por una tecnología? es necesario realizar –lejos del sentido común lineal y monocausal– un meta-análisis de la alianza socio-técnica, focalizado en la identificación de la agencia de diferentes bucles.

Este nivel de interacciones explica los fenómenos caracterizados como inerciales o de *path dependence* de una tecnología. Porque los bucles no operan de manera aislada. Se articulan todos en relación a los puntos de pasaje obligatorio de una alianza socio-técnica determinada. O, en otros términos, los bucles de retroalimentación refuerzan –como lazos redundantes– las capacidades relacionales de la alianza en términos dinámicos.

Hemos denominado vórtices de retroalimentación a este plano de interjuegos entre bucles, en los que se combinan diferentes dinámicas socio-técnicas, estos bucles de bucles. En el Gráfico 3 se presenta un ejemplo estilizado de vórtice de retroalimentación:

(1996), implica la transición de una “dinámica diacrónica causal” a la formalización de un “ajuste sincrónico”.

En segundo lugar, al tiempo que la alianza socio-técnica construye funcionamientos estables, también genera formas sociales estables. De este modo, es posible comprender mejor las afirmaciones de Bruno Latour (1991) “tecnología es la sociedad hecha para que dure”, y de Trevor Pinch (2008) “la estandarización tecnológica implica al mismo tiempo un proceso de institucionalización social”. Cuanto más estables sean las alianzas socio-técnicas articuladas alrededor de una práctica o artefacto, mayores pueden llegar a ser los costos de reemplazo o modificación del mismo.

La estabilización como proceso de irreversibilización socio-técnica implica determinar el funcionamiento de estructuras y conductas. Aquello que para los weberianos constituiría un proceso de construcción de “jaulas de hierro” (Weber, 1930 [1904-1905]), puede implicar también la aparición de ganancias incrementales a partir del uso (Callon, 1992). Debido a la facilidad con que este punto puede llevar a debates sobre qué es el determinismo tecnológico, es preciso ser cuidadosos: el grado de irreversibilización de una tecnología no es intrínseco a la misma, sino que debe relacionarse con la variedad de opciones que tienen los actores en caso de considerar su reemplazo.

Finalmente, los procesos de escalamiento también son relevantes para considerar de qué manera se construyen los procesos de irreversibilización. Si se observa este proceso a través del lente de la teoría económica, la construcción de tecnologías estabilizadas que devienen estandarizadas puede resultar fundamental para ampliar la escala de producción y distribución de productos y permitir así la construcción de un mercado masivo de consumo (Chandler, 1990). Pero esto no es

suficiente, el reverso del aumento de la escala de producción (y uso) de una tecnología o artefacto es la construcción de procesos de irreversibilización que llegan a limitar o desalentar la construcción de alternativas tecnológicas.

Bucles y vórtices constituyen el *core set* de las alianzas socio-técnicas. Sin ese conjunto de articulaciones heterogéneas (bucles) vinculadas de forma particular (vórtices) resulta insuficiente o ininteligible la explicación del funcionamiento de un artefacto o sistema. Así como también resulta insuficiente la identificación de los problemas de escala y alcance ¿Cuál es la alianza que construye funcionamiento a una tecnología y cómo se generó? ¿Qué funciona y qué no funciona en el marco de esa alianza? ¿Los interjuegos de la alianza operan simétricamente en cualquier escenario, en cualquier momento, para cualquier configuración socio-cognitiva? ¿Qué movimientos y acciones promueve o inhibe? ¿Cuál es el alcance o incidencia de las críticas u objeciones? ¿Estas críticas son parte de la misma alianza – endogeneradas– o son formuladas desde otras alianzas –exogeneradas? ¿Las soluciones propuestas a los problemas de una tecnología dada son incrementales o radicales?

Para la operacionalización de este segundo nivel de análisis es necesario (re)construir la dinámica de constitución e interacción entre bucles de retroalimentación –en vórtices– en una alianza socio-técnica dada.

Tercer nivel de análisis: interacción de vórtices entre alianzas socio-técnicas rivales

Finalmente, para responder a preguntas tales como ¿por qué una tecnología es sustituida por otra? o ¿cómo compiten dos tecnologías rivales? es completamente insuficiente construir explicaciones –en rigor, descripciones– en términos de

sustitución paradigmática (Dosi, 1982) que implican diferencias entre variables técnicas discretas (mayor velocidad, menor precio, facilidades de producción, o similares), no son los artefactos los que se enfrentan entre sí. El conflicto es entre las alianzas socio-técnicas que les construyen funcionamiento o no-funcionamiento. Y, en particular, los campos de interjuego que constituyen esas alianzas y su relación mutua.

Así, es en el análisis de diferentes dinámicas de vórtices de retroalimentación – correspondientes a diferentes alianzas socio-técnicas– donde es posible explicar con mayor competencia la adopción o rechazo de tecnologías alternativas, la coexistencia o la competencia de artefactos y sistemas diversos.

Es que la articulación de los bucles de retroalimentación de cada alianza rival en forma de vórtices opera analíticamente explicando de forma también relacional la existencia y trayectoria de una alianza socio-técnica respecto de otra, su capacidad de subsumir todo nuevo elemento a su lógica constitutiva, de subordinar toda trayectoria disciplinaria a su racionalidad, de abroquelarse defensivamente ante toda objeción y, aún, de construir un área negociable de protección que preserve sus puntos de pasaje obligatorio y sus interrelaciones solidarias.

Es de este modo que la estabilización de un artefacto, conocimiento, norma o práctica material constituye una forma de funcionamiento consensuada (explícita o tácitamente) por los diferentes actores y grupos sociales relevantes, que ese artefacto o sistema tecnológico logra imponer su agencia sobre un conjunto antagónico de artefactos, conocimientos, normas o prácticas. Los bucles de retroalimentación se potencian entre sí, generando irreversibilidad en el funcionamiento estabilizado de una tecnología dada contra otra rival, vórtice contra vórtice.

Para operacionalizar este nivel de análisis es necesario (re)construir en primer término los bucles singulares y posteriormente los vórtices correspondientes a cada tecnología rival para, recién entonces, desplegar el análisis de la interacción entre tecnologías rivales.

Poder e ideología

Una de las dimensiones donde se evidencia esta ventaja explicativa a la hora de analizar enfrentamientos entre alianzas rivales es la ideológica. Más específicamente, la relación entre poder e ideología. En tal sentido, las alianzas socio-técnicas suponen al menos dos ventajas analíticas sobre las redes callonianas:

- a) incorporan la dimensión ideológica como elemento constitutivo de la alianza, reducida por Callon (1992) y Latour (1991) en su materialismo taxativo de las redes tecno-económicas a sus soportes de circulación (libros, artículos, folletos conferencias, etc.). Las ideas, los conceptos, las visiones (más allá de la circulación de sus soportes materiales): las construcciones de lo que existe, lo bueno y lo posible (y sus contrarios)⁹, constituyen componentes clave de los procesos de construcción de funcionamiento en las alianzas socio-técnicas, y
- b) permiten superar las restricciones explicativas de ANT y SCOT. Por una parte, si bien las redes callonianas incorporan la dimensión del poder, resultan fundamentalmente descriptivas, pero problemáticamente explicativas: restringen la cuestión del poder a las relaciones de traducción de intermediarios. Los desarrollos de Bijker (1995) suponen un grado de superación de esta restricción. Explican las

⁹ Siguiendo los desarrollos conceptuales de Göran Therborn (1987).

relaciones de poder e ideología en dos niveles analítico-metodológicos: micropolítico (procesos decisorios y vinculaciones de co-construcción) y semiótico (procesos de asignación de sentido y construcción de funcionamiento), como la acción racional de un humano. En las alianzas socio-técnicas el poder es un ejercicio, una relación entre elementos heterogéneos (actores y artefactos), donde el poder deriva del funcionamiento / no-funcionamiento auto-organizado de la propia alianza. Un abordaje simétrico de las agencias de actores y artefactos, no reduccionista.

Finalmente, pero no menos importante, las alianzas socio-técnicas permiten analizar con competencia explicativa algo que las redes tecno-económicas y los ensambles socio-técnicos (Bijker, 1995) ocultan: la posibilidad de enfrentamientos. El carácter – en última instancia– monolíticamente moderno del abordaje Actor-Red (Law, 2002), y por derivación, de las redes callonianas, hace que toda la actividad referida a enfrentamientos (Therborn, 1987), controversias (Collins, 1981) o diferendos (Lyotard, 1984) sea subsumida en una única estructuración de red tecno-económica o ensamble socio-técnico.

Y ésta es una cuestión central: porque en un conflicto entre tecnologías rivales, o entre organizaciones rivales, las capacidades asimétricas de alineamiento y coordinación, de generación de bucles sólidos y de vórtices de retroalimentación densos y robustos explican por qué un producto, un proceso, una tecnología de organización adquieren *momentum* (Hughes, 1987). También explican por qué una ideología puede imponerse sobre otra: porque su matriz material de afirmaciones y sanciones (las tecnologías que le dan sustento) es superior a las ideologías rivales (Therborn, 1987). Porque toda alianza socio-técnica, todo proceso de construcción

de funcionamiento/no-funcionamiento remite, en última instancia, a una cuestión de ejercicio de poder.

Contribuciones teóricas y metodológicas del Análisis

Socio-Técnico a los estudios sociales de las tecnologías

A esta altura del documento, ya es posible ofrecer una definición acabada de funcionamiento/no-funcionamiento útil para su movilización analítica. En términos socio-técnicos, en el plano del analista:

Lejos de una característica o condición inmanente de los artefactos tecnológicos, el “funcionamiento” o “no-funcionamiento” es la acción y resultado de una relación interactiva entre humanos y no humanos, entre actores y artefactos que se vinculan como parte de una alianza socio-técnica. El funcionamiento/no-funcionamiento de un artefacto o sistema tecnológico es resultado de un proceso contingente de co-construcción socio-técnica en el que intervienen elementos heterogéneos: artefactos y sistemas, conocimientos, regulaciones y políticas, materiales, financiamiento, desempeños técnicos, prestaciones, gustos y preferencias de los usuarios, definiciones paramétricas, etc.

Y, en este sentido, el proceso de construcción de funcionamiento/no-funcionamiento se resuelve en clave de los procesos de construcción de alianzas socio-técnicas, sus bucles de retroalimentación y los vórtices que los consolidan.

Esta forma de abordar el análisis de los procesos de construcción socio-técnica de funcionamiento/no-funcionamiento implican múltiples ventajas explicativas, que pueden ser resumidas en términos de:

1. Simetría en la explicación del funcionamiento y el no-funcionamiento.
2. Capacidad explicativa tanto en términos diacrónicos como sincrónicos (trayectoria y dinámica de los procesos de construcción de funcionamiento y no-funcionamiento, constitución y disgregación de sus alianzas socio-técnicas).
3. Generación de inteligibilidad de procesos heterogéneos no-lineales (desconstrucción de “la complejidad”).
4. Superación de las nociones de evolución tecnológica y universalidad mediante la noción de funcionamiento socio-históricamente situado.
5. Problematización del carácter identitario universalista de artefactos y sistemas tecnológicos (desconstrucción de la unicidad y de la identidad de los artefactos).
6. Operacionalización metodológica del concepto en análisis de base empírica.
7. Inteligibilidad de las relaciones de correspondencia situada entre problemas y soluciones (re-construcción socio-técnica de relaciones problema-solución).
8. Problematización de las conceptualizaciones lineales de “transferencia y difusión”.
9. Inteligibilidad de los procesos de construcción de sentido (semiosis) y construcción de poder (micropolítica) en el plano socio-técnico.
10. Integración teórico-metodológica de los niveles del actor y del analista en los análisis de base empírica.
11. Potencial de triangulación conceptual con terceros abordajes (economía del cambio tecnológico, análisis de políticas, análisis ideológico, análisis cultural, de género, estudios ambientales, etc.).

Así, en la práctica, el AST en términos de alianzas y procesos de construcción de funcionamiento/no-funcionamiento posibilita la realización de una diversidad de investigaciones de base empírica, al mismo tiempo que supone la generación de

nuevas capacidades explicativas sobre la base material de nuestras sociedades, la constitución de las matrices materiales de afirmaciones y sanciones, la construcción de órdenes de poder y gobernanza, la dinámica y trayectoria –así como la escala y el alcance– de los procesos de cambio socio-técnico.

En forma complementaria, a lo largo del documento, se ha tratado de mostrar las ventajas del AST en relación con los tres marcos teóricos que le dan origen: Grandes Sistemas Tecnológicos, ANT y SCOT. A continuación, se presentan tres cuadros resumiendo las principales limitaciones identificadas en cada enfoque y como el AST les da respuesta.

Cuadro 1. Limitaciones del enfoque Grandes Sistemas Tecnológicos y soluciones del AST

| Limitaciones de Grandes Sistemas Tecnológicos | Soluciones del AST |
|--|---|
| <p>Limitación de la escala: El abordaje fue desarrollado excluyentemente para el análisis de grandes dinámicas y trayectorias de cambio socio-técnico. Presenta inadecuaciones para dinámicas sectoriales y más aún para cambios artefactuales singulares.</p> <p>Limitación del scope 1: El concepto de “grandes sistemas tecnológicos” construye como objeto de análisis privilegiado y excluyente a los sistemas. Generando una restricción para la explicación de procesos de cambio tecnológico de alcance medio o artefactual.</p> | <p>Diversificar la escala y profundizar el scope : Marco analítico configurado en términos modulares (fractales). Es decir, es posible analizar el funcionamiento de un artefacto singular desde el concepto de alianza socio-técnica y, al mismo tiempo, analizar el funcionamiento de la alianza como sistema.</p> |
| <p>Limitación del scope 2: La solución analítica en términos de “subsistemas” conlleva dificultades metodológicas adicionales: ¿cómo realizar el recorte de los subsistemas sin caer en categorías <i>ex ante</i>?</p> | <p>Diversificar el scope: La pregunta de investigación organiza y determina la escala y el alcance de los observables a ser analizados. La pregunta define el alcance de las alianzas (re-construcción analítica) y los elementos que la integran. En función de la escala y alcance de la pregunta es posible plantear: alianzas singulares, alianzas en conflicto, o trayectorias socio-técnicas desplegadas en alianzas socio-técnicas que cambian. Así, se rompe completa y definitivamente con las categorías de análisis <i>ex ante</i>.</p> |

| | |
|--|---|
| <p>Falacia del sistema organizado: La noción de “constructor del sistema” implica dos falacias argumentativas. 1) Todo <i>system builder</i> es humano. 2) Al privilegiar <i>–a priori–</i> el papel desempeñado por un conjunto restringido de actores, tiende a verticalizar los análisis. En última instancia, se genera una ficción de gobierno sobre el sistema.</p> | <p>Relaciones socio-técnicas como sistema auto-organizado: La noción de alianza permite contener analíticamente los procesos de auto-organización que resultan del interjuego de los elementos (humanos y no-humanos) que la componen. La alianza puede tener uno o más bucles que retroalimentan su funcionamiento y estos conformar un vórtice. Si bien, ciertos actores pueden ejercer agencia para tratar de gobernar las dinámicas de la alianza, las relaciones que la integran se resuelven siempre en forma auto-organizada.</p> |
| <p>Delimitación topológica del análisis 1: La distinción entorno-sistema implica la determinación <i>a priori</i> de un límite de frontera, generando dificultades (epistemológicas y metodológicas) para la operacionalización del concepto en investigaciones de base empírica.</p> | <p>Espacios topológicos no apriorísticos: La topología del análisis se desarrolla en dos instancias metodológicas: 1. La pregunta de investigación y 2. La (re)construcción analítica que surge de la base empírica. Los elementos que explican (se integran en el argumento) son parte del espacio topológico. Aquellos que no explican, son despreciados por el análisis. Así, categorías como “contexto”, “paisaje”, “externalidades”, “sociedad”, “mercado” (entre otros), son excluidas del AST. No existe tal cosa como fronteras de la alianza.</p> |
| <p>Limitación en el análisis diacrónico del cambio: Si bien la noción de sistema es útil para la (re)construcción analítica de relaciones sincrónicas, es problemática en relaciones diacrónicas: la conceptualización de Grandes Sistemas Tecnológicos funciona mejor como foto (imagen sincrónica de un estado del sistema) que como película (representación de un proceso heterogéneo, diverso y simultáneo).</p> | <p>Análisis diacrónico del cambio: Todo el análisis propuesto desde el AST se orienta a explicar cambio y estabilización, al mismo tiempo. A punto tal de afirmar que, aquello que se estabiliza, lo hace en movimiento. Las nociones de bucles y vórtices de retroalimentación se ajustan a los requerimientos analíticos para dar cuenta de estos procesos.</p> |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 2. Limitaciones de la Teoría Actor-Red y soluciones del AST

| Limitaciones de la Teoría Actor-Red | Soluciones del AST |
|--|---|
| <p>Delimitación topológica del análisis: ANT restringe sus análisis a la identificación de actantes y la circulación de intermediarios, una simplificación de dos categorías. Si bien las “redes tecno-económicas” superan las restricciones de alcance <i>a priori</i> de los “grandes sistemas tecnológicos”, no permiten explicar cómo se diseñan, producen, gestionan, evalúan tecnologías y qué dirección adopta el cambio tecnológico. Las interacciones contempladas por</p> | <p>Diversificación del espacio topológico: La noción de co-construcción es clave para analizar tanto el funcionamiento de las alianzas como de los elementos heterogéneos que las componen (análisis fractal). Así, el AST contiene analíticamente –de forma explícita– el diseño, la producción, la gestión, la evaluación de las tecnologías y la dirección del cambio tecnológico.</p> <p>Dado que, además, el AST es modular (fractal) es posible configurar el análisis en términos de dinámicas, trayectorias, procesos de cambio y estabilización, funcionamiento /no-funcionamiento,</p> |

| | |
|--|---|
| <p>ANT no alcanzan a explicar los procesos de co-construcción.</p> | <p>artefactos singulares, grupos sociales, problemas, soluciones, etc.</p> <p>Así, el AST expande la topología del análisis.</p> |
| <p>Restricciones de la simetría radical: El principio teórico-metodológico de simetría radical, restringe el alcance de ANT a las dimensiones analíticas aplicables a los no-humanos. Así, un arsenal de conceptos de las ciencias políticas, sociales, económicas, antropológicas, etc. quedan inhibidos por principio.</p> | <p>Simetría socio-técnica: El concepto de alianza socio-técnica permite desconstruir el carácter identitario de humanos y no-humanos, en tanto artefactos y actores cuyo sentido se co-construye de forma relativa en el marco de un conjunto de interacciones socio-históricamente situadas. Esto no implica una “ley” de simetría de las agencias. Por ejemplo, los humanos aprenden, los no-humanos no.</p> <p>Utilizando los procesos de co-construcción desplegados en alianzas socio-técnicas es posible preservar las ventajas del principio de simetría – respecto de la capacidad de humanos y no-humanos de alinear y coordinar a terceros– sin caer en las trampas de la mono-disciplinariedad o el recorte de la capacidad explicativa. Pero, al mismo tiempo, sin caer en los problemas metodológicos del abordaje Actor-Red.</p> |
| <p>Inhibición de triangulaciones conceptuales: El principio de simetría radical supone, asimismo, una restricción teórico-metodológica. En la práctica, genera la incompatibilidad epistemológica con todo abordaje que no respete tal principio. Así, no es posible la operacionalización de triangulaciones conceptuales con abordajes generados por las ciencias sociales, políticas, estudios culturales, de género, etc.</p> | <p>Potencial de triangulaciones conceptuales: el principio de simetría socio-técnica supone la ventaja de que artefactos (sistemas tecnológicos, dinero en sus múltiples formas, conocimientos y saberes, documentos y otro tipo de evidencias materiales) y actores (individuos, instituciones, naciones y regiones) no dejan de ser tales sólo en virtud de ser incorporados en las alianzas socio-técnicas. No se convierten en meros intermediarios homogéneos por el hecho de ser objeto de la agencia de terceros.</p> <p>La simetría socio-técnica libera así un enorme potencial de triangulación teórica. Obviamente no con cualquier teoría, sino con aquellas relativistas, con las que entienden el poder como agencia, y con las que centralizan su capacidad explicativa en la (re)construcción analítica de relaciones.</p> |
| <p>Limitación en el análisis diacrónico del cambio: En la práctica esta dimensión se restringe a la declaración de “no universalidad” de las redes, a su carácter socio-históricamente situado.</p> <p>El análisis del cambio es resuelto, en la práctica, por sucesión de estados de la red, en movimientos de alineamiento y coordinación, o cambios en los grados de convergencia, o por el seguimiento de procesos de cambios parciales. Fotos, no películas.</p> | <p>Análisis diacrónico del cambio: Todo el análisis propuesto desde el AST se orienta a explicar cambio y estabilización, al mismo tiempo. A punto tal de afirmar que, aquello que se estabiliza, lo hace en movimiento. Las nociones de bucles y vórtices de retroalimentación se ajustan a los requerimientos analíticos para dar cuenta de estos procesos. Trayectorias y dinámicas de co-construcción.</p> |
| <p>Falacia de la parte por el todo: ANT restringe el análisis político-ideológico a operaciones de traducción y a la circulación de soportes</p> | <p>Agencia de políticas (<i>politics</i>) e ideologías: La agencia de los elementos políticos e ideológicos excede la dimensión de sus soportes materiales. En</p> |

| | |
|--|---|
| <p>materiales. Toma a estos soportes como representación suficiente de las ideas, principios, visiones, valores, costumbres. Así, reduce todo contenido político-ideológico a sus soportes materiales.</p> | <p>los procesos de co-construcción contenidos en el AST, ideas, principios, visiones, valores, costumbres e ideologías se enlazan en interjuegos con actores humanos y no-humanos.</p> |
| <p>Sesgo descriptivo. Si bien el abordaje es útil para describir cómo ocurrieron las cosas, presenta dificultades a la hora de explicar por qué ocurrieron así, y no de otra manera.</p> | <p>Carácter analítico basado en estudios de base empírica: El análisis de base empírica se presenta siempre sobre la necesidad de responder una pregunta de investigación de corte analítica, orientada a responder por qué las cosas ocurrieron de una manera y no de otra.</p> |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. Limitaciones del abordaje SCOT y soluciones del AST

| Limitaciones del abordaje scot | Soluciones del AST |
|--|---|
| <p>Limitación en el análisis diacrónico del cambio 1: SCOT resulta deficitario a la hora de describir procesos de cambio. No provee elementos conceptuales que permitan diferenciar diacrónicamente cuando el sentido atribuido a un artefacto tecnológico por un grupo social relevante es alterado. Así, los conceptos de clausura y estabilización se restringen a análisis identitarios estáticos.</p> | <p>Análisis diacrónico del cambio 1: Todo el análisis propuesto desde el AST se orienta a explicar cambio y estabilización, al mismo tiempo. De hecho, en tanto es posible analizar procesos de estabilización relativa en estos términos, resulta dificultoso establecer momentos de clausura. Porque aquello que se estabiliza, lo hace en movimiento. Por otra parte, los conceptos de dinámica y trayectoria socio-técnica permiten captar las dimensiones diacrónica y sincrónica en términos de fases de los procesos de cambio.</p> |
| <p>Limitación en el análisis diacrónico del cambio 2: El concepto “marco tecnológico” guarda una excesiva afinidad determinista tecnológica –más allá de las distancias teóricas propuestas por Bijker– respecto de la noción “paradigma tecnológico”.</p> <p>Así, durante un periodo indeterminado los conocimientos, el funcionamiento, los artefactos paradigmáticos, las relaciones problema-solución, los criterios estéticos y éticos quedan clausurados hasta el momento de la sustitución de un marco tecnológico por otro, generando análisis, en última instancia, estáticos.</p> | <p>Análisis diacrónico del cambio 2: Las alianzas y trayectorias socio-técnicas, los procesos de construcción de funcionamiento / no-funcionamiento y las múltiples formas de agencia permiten analizar de manera dinámica los procesos de estabilización y cambio.</p> <p>Lejos de una sucesión de marcos tecnológicos es posible detectar simultaneidades, competencias, disputas de poder, conflictos, controversias y diferendos en todos los procesos de cambio socio-técnico. Así, lejos de clausuras y rupturas identitarias, es posible captar movimientos de fluidez y heterogeneidad. Más próximos a la noción de “<i>momentum</i>” de Hughes que a la de “paradigmas tecnológicos”.</p> |
| <p>Tensión determinista social: Derivada de la preponderancia de la asignación de sentidos sobre la materialidad de los sistemas y artefactos. La focalización en los procesos de construcción de sentidos, ejercida por los grupos sociales relevantes, incide en el análisis de forma</p> | <p>Co-construcción como ontología del enfoque relacional: Los procesos de cambio y estabilización se explican siempre, como procesos de co-construcción que abarcan actores y artefactos,</p> |

| | |
|---|---|
| <p>exclusivamente semiótica. Así, el abordaje resulta, en última instancia subjetivista, determinista social.</p> <p>Tensión determinista tecnológica: Derivada del concepto “marco tecnológico”, que tiende a acercarse riesgosamente a los abordajes deterministas tecnológicos (principios tecnológicos, matrices, plataformas cognitivas, familias tecnológicas). Más allá de la tentativa de deconstruir la unicidad del artefacto, esta afinidad conceptual tiende a reestablecerla.</p> | <p>grupos sociales y sistemas tecnológicos, sentidos y materialidades.</p> <p>El AST permite reconstruir procesos de construcción de funcionamiento / no-funcionamiento en términos de co-construcción. Así, es posible identificar dinámicas y trayectorias socio-técnicas, interacciones simétricas entre humanos y no-humanos, superando las restricciones deterministas.</p> <p>Si bien el AST no deja de lado la asignación de sentidos, complementa las explicaciones a partir de la (re)construcción de las relaciones problema-solución y de los interjuegos (auto-organizados) que se establecen entre actores y artefactos.</p> |
| <p>Limitaciones en el análisis del poder: Si bien el abordaje SCOT dispone de herramientas conceptuales para incorporar la dimensión política en sus diversas formas (micropolítica, <i>policy</i>, <i>politics</i>, legislación y regulaciones, etc.), el análisis en términos de ensamble socio-técnico resulta insuficiente para abordar enfrentamientos, controversias y diferendos.</p> | <p>Ampliación del análisis del poder: En las alianzas socio-técnicas el poder es un ejercicio, una relación entre elementos heterogéneos (actores y tecnologías), donde el poder deriva del funcionamiento / no-funcionamiento auto-organizado de la propia alianza. Un abordaje simétrico de las agencias de actores y artefactos no reduccionista.</p> <p>Las alianzas socio-técnicas, los bucles y los vórtices permiten analizar enfrentamientos entre alianzas rivales.</p> |

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el AST posibilita una serie de investigaciones orientadas a analizar un amplio abanico de cuestiones:

- 1- Surgimiento y estabilización de una nueva tecnología (de producto, proceso u organización) en tanto resultado de un proceso sistémico interactivo. Y, en forma fractal, construcción y estabilización del conjunto de relaciones que dinamiza/inhíbe el proceso de cambio tecnológico en términos de una trayectoria socio-técnica.
- 2- Por supuesto, también es posible analizar el desarrollo de nuevos conocimientos y la generación de capacidades dentro del conjunto de relaciones que se integran en una alianza socio-técnica. Pero en particular, explicar cómo esos nuevos elementos generan cambios al nivel de artefactos discretos como al nivel de sistemas tecnológicos (desde un proceso productivo hasta los mecanismos que

regulan el funcionamiento monetario de una economía).

3- La construcción de los problemas de desarrollo (sociales y ambientales) como parte de la dinámica de producción de soluciones tecnológicas. Luego, es posible identificar quién gobierna esa producción y cómo lo hace, al mismo tiempo que los mecanismos de alineamiento y coordinación de los elementos heterogéneos que se integran en la dinámica de gobernanza.

4- Reconfiguración de las relaciones dentro una alianza y modificación del funcionamiento/no-funcionamiento de un sistema tecnológico vigente a partir de una nueva regulación, o una nueva percepción de riesgo (social o ambiental) o el empoderamiento de un grupo social particular.

5- El desarrollo, estabilización y reificación de trayectorias de cambio tecnológico particulares. Es posible, además, explicar por qué algunas trayectorias implican dinámicas sociales inclusivas/excluyentes o procesos ambientalmente sustentables/no sustentables.

6- Finalmente, pero no menos importante, la cuestión sobre quiénes gobiernan un proceso de cambio tecnológico y cómo lo hacen. En especial, analizar las relaciones entre actores y artefactos que construyen ganadores y perdedores de las dinámicas de funcionamiento/no-funcionamiento. Y la construcción de dinámicas socio-técnicas orientadas a lograr mayores niveles de autonomía y gobernabilidad en países en vías de desarrollo.

Y, a vuelta de correo, el análisis de los procesos de construcción de funcionamiento/no-funcionamiento también posibilita –con el mismo *framework*– diseñar nuevas normativas, nuevas trayectorias tecno-productivas, nuevas estrategias socio-institucionales, nuevas políticas de desarrollo, socio-históricamente

adecuadas y particularmente útiles para países “en vías de desarrollo”. Países alineados y coordinados, normalmente, en alianzas socio-técnicas exogeneradas.

Porque con este aumento de los niveles de inteligibilidad de las dinámicas de construcción de condición periférica –pasiva y subsidiaria– de las alianzas socio-técnicas locales es posible mejorar la gobernabilidad de la región, el desarrollo inclusivo, la sostenibilidad de nuestros sistemas ambientales, la concepción de nuevos futuros posibles, maximizando los efectos deseados, minimizando los efectos no-deseados. Porque el funcionamiento de las sociedades es también una construcción socio-técnica.

Los conceptos aquí propuestos están destinados a ampliar las posibilidades de descripción y explicación simétrica de las dinámicas socio-técnicas de la región. Pero esto no implica que sean conceptualizaciones *ad hoc*, de validez restringida a América Latina. Como suele ocurrir tanto en las ciencias exactas como en las sociales, el análisis de fenómenos locales ha abierto la posibilidad de revisar críticamente las teorías disponibles, complementar y desarrollarlas más allá de sus primeras configuraciones. Así, los conceptos construidos fueron concebidos como herramientas teóricas adecuadas a diferentes escenarios globales.

Referencias bibliográficas

Aguilar, D., M. Fressoli y H. Thomas (2008), “Estilos socio-técnicos de producción de tecnologías conocimiento-intensivas. La conformación de una empresa de biotecnología en el campo de la salud humana en Argentina (1980-2006)”, *Cuestiones de Sociología*, (4), pp. 213-242.

- Arrow, K. (1962), "The Economic Implications of Learning by Doing", *Review of Economic Studies*, 29, (80), pp. 155-173.
- Arthur, W. B. (1994), *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*, Ann Arbor, University of Michigan Press.
- Becerra, L. (2022), "Problemas de la conceptualización de políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) para el Desarrollo Inclusivo y Sustentable", *Redes. Revista de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología*, 28, (55).
<https://doi.org/10.48160/18517072re54.361>
- Becerra, L. y H. Thomas. (2017), "Innovation, cooperatives and inclusive development: rethinking technological change and social inclusion", en Scott, M. y P. North (eds), *Towards Just and Sustainable Economies: The Social and Solidarity Economy North and South*, Bristol, University of Bristol Policy Press, pp. 99-116.
- Becerra, L. y H. Thomas (2023), "Innovation Doesn't Work: The Explanatory Power of a Socio-Technical Approach", *Engaging Science, Technology and Society*, 9, (2), pp. 66-74.
- Bijker, W. E. (1987), "The Social Construction of Bakelite: Toward a Theory of Invention", en Bijker, W. E., T. P. Hughes y T. Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, The MIT Press, pp. 159-187. [En castellano: "La construcción social de la baquelita. Hacia una teoría de la invención", en Thomas, H. y A. Buch, (coords.) Fressoli, M. y A. Lalouf (colabs.), *Actos, actores y artefactos. Sociología de la Tecnología*, Bernal, Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes, pp. 63-100].

- Bijker, W. E. (1995), *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs. Toward a Theory of Sociotechnical Change*, Cambridge, The mit Press.
- Bijker, W. E. y J. Law (eds.) (1994), *Shaping Technology/Building Society. Studies in Sociotechnical change*, Cambridge, The mit Press.
- Bortz, G., L. Becerra y H. Thomas (2018), "De la 'transferencia tecnológica' al desarrollo local. Dinámicas socio-tecno-cognitivas en el caso del Yogurito Escolar (Argentina, 1984-2015)", *Apuntes. Revista de Ciencias Sociales*, (83), pp. 33-69.
- Breschi, S., F. Lissoni y F. Malerba (2003), "Knowledge-relatedness in firm technological diversification", *Research Policy*, 32, (1), pp. 69-87.
- Bunge, M. (1966), "Technology is Applied Science", *Technology and Culture*, 7, (3), pp. 329-347.
- Bunge, M. (1972), *La investigación científica, su estrategia y su filosofía*, Barcelona, Ediciones Ariel.
- Callon, M. (1986), "Some elements of a sociology of translation: Domestication of the Scallops and the Fishermen of St Brieuç Bay", en Law, J. (Ed.), *Power, Action and Belief: A New Sociology of Knowledge?*, Londres, Routledge: 196–233.
- Callon, M. (1992), "The dynamics of Techno-economic Networks", en Coombs, R., P. Saviotti y V. Walsh, *Technological Changes and Company Strategies: Economical and Sociological Perspectives*, Londres, Harcourt Brace Jovanovich Publishers. [En castellano: Callon, M. (2008): "La dinámica de las redes tecnoeconómicas", en Thomas, H. y A. Buch, (coords.) Fressoli, M. y A. Lalouf (colabs.), *Actos, actores y artefactos. Sociología de la Tecnología*, Bernal, Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes, pp. 147-184].
- Callon, M. (1998), *Laws of the Markets*, Oxford, Blackwell Publishers.

- Chandler, A. D. Jr. (1990), *Scale and Scope. The Dynamics of Industrial Capitalism*, Cambridge, The Belknap Press of Harvard University Press.
- Collins, H. (1981), "Knowledge and controversy: studies of modern natural science", *Social Studies of Science*, 11, (1), pp. 3-158.
- Conklin, D.W. (1991), *Comparative Economic Systems*, Cambridge, Cambridge University Press.
- De Gregori, T. R. (1988), *Teoría de la Tecnología – Continuidad y cambio en el Desarrollo de la humanidad*, Buenos Aires, Fraterna.
- Debrun, M. (1996), *Auto-Organização - Estudos interdisciplinares em Filosofia, Ciências Naturais e Humanas, e Artes*, Campinas, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência.
- Dosi, G. (1982), "Technological Paradigms and Technological Trajectories. The Determinants and Directions of Technological Change and the Transformation of the Economy", en Freeman, Ch., *Long Waves in the World Economy*, Londres, Pinter.
- Dosi, G. (1988), "The Nature of the Innovation Process", en Dosi, G. et al. (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Londres, Pinter, pp. 221-238.
- Elzen, B., B. Enserink y W. A. Smit (1996), "Socio-Technical Networks: How a Technology Studies Approach May Help to Solve Problems Relates to Technical Change", *Social Studies of Science*, 26, (1), pp. 95-141.
- Freeman, Ch. (1995), "The 'National System of Innovation' in historical perspective", *Cambridge Journal of Economics*, 19, (1), pp. 5-24.
- Gille, B. (1978), *Histoire des techniques: Technique et civilisations, technique et sciences*, Paris, Gallimard.

- Heilbroner, R. y P. J. Boettke (2007), "Economic Systems", *The New Encyclopædia Britannica*, 17, pp. 908-915.
- Hughes, T. P. (1987), "The Evolution of Large Technological Systems", en Bijker, W. E., T. P. Hughes y T. Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, The mit Press, pp. 51-82. [En castellano: Hughes, T. P. (2008), "La evolución de los grandes sistemas tecnológicos", en Thomas, H. y A. Buch, (coords.) Fressoli, M. y A. Lalouf (colabs.), *Actos, actores y artefactos. Sociología de la Tecnología*, Bernal, Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes, pp. 101-145].
- Larousse (2011), *El pequeño Larousse ilustrado*, México D.F., Ediciones Larousse.
- Latour, B. (1991), "Technology is society made durable", en Law, J. (ed.), *Sociology of Monsters: Essays on Power, Technology and Domination*, Londres, Routledge, pp. 103-131.
- Latour, B. (2005), *Reassembling the Social: an Introduction to Actor-Network-Theory*, Oxford, Clarendon. [En castellano: Latour, B. (2008), *Reensamblar lo social. Una introducción a la teoría del actor red*, Buenos Aires, Manantial].
- Law, J. (2002), *Aircraft stories. Decentering the object in technoscience*, Durham y Londres, Duke University Press.
- Lyotard, J-F. (1984), *Le Différend*, París, Les éditions de Minuit. [En castellano: Lyotard, J-F. (1988), *La diferencia*, Barcelona, Gedisa].
- Maclaine Pont, P. y H. Thomas (2007), "How the Vineyard Came to Matter: Grape Quality, The Meaning of Grapevines and Technological Change in Mendoza's Wine Production", *Universum*, 22, (1), pp. 218-234.

- MacKenzie, D. (2008), *An Engine, not a Camera. How financial models shape markets*, Cambridge, The mit Press.
- Dopp, J. (1993), "Ideologeme", en Makaryk, I. R. (ed. gral. y comp.), *Encyclopedia of Contemporary Literary Theory*, Toronto, University of Toronto Press, pp. 556-557.
- Malerba, F. y L. Orsenigo (1996), "Schumpeterian patterns of innovation are technology-specific", *Research Policy*, 25, (3), pp. 451-478.
- Nonaka, I. y H. Takeuchi (1995), *The knowledge creating company*, Oxford, Oxford University Press.
- Oudshoorn, N. y T. J. Pinch (2003), *How Users Matter: The Co-Construction of Users and Technologies*, Cambridge, The mit Press.
- Oxford University Press (s./f.), "Technology", *Oxford Advanced Learner's Dictionary*, Oxford, Oxford University Press.
- Pinch, T. (1996), "The social construction of technology", en Fox, R. (ed.), *Technological Change: Methods and themes in the History of Technology*, Londres, Routledge, pp. 17–35.
- Pinch, T. (2008), "La tecnología como institución: ¿qué nos pueden enseñar los Estudios Sociales de la Tecnología?", *Redes. Revista de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología*, 14, (27), pp. 77-96.
- Polanyi, M. (1966), *The Tacit Dimension*, Londres, Routledge & Kegan Paul.
- Real Academia Española – RAE (2014a), Diccionario de la lengua española, 23ª ed. [versión 23.8 en línea].
- Real Academia Española – RAE (2014b), Diccionario de la lengua española, 23ª ed. [versión 23.8 en línea].

- Real Academia Española – RAE (2014c), *Diccionario de la lengua española*, 23ª ed. [versión 23.8 en línea].
- Rosenberg, N. (1982), *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Samuelson, P. A. (1964), *Economics: An Introductory Analysis*, Nueva York, McGraw-Hill. [En castellano: Samuelson, P. A. y W. D. Nordhaus (1986), *Economía*, Madrid, McGraw-Hill].
- Therborn, G. (1987), *La ideología del poder y el poder de la ideología*, México D.F., Siglo xxi Editores.
- Thomas, H. (2008), “Estructuras cerradas vs. Procesos dinámicos: trayectorias y estilos de innovación y cambio tecnológico”, en Thomas, H. y A. Buch, (coords.) Fressoli, M. y A. Lalouf (colabs.), *Actos, actores y artefactos. Sociología de la Tecnología*, Bernal, Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes, pp. 217-262.
- Thomas, H. y Becerra, L. (2014), “Sistemas tecnológicos para el desarrollo inclusivo sustentable”, *Voces en el Fénix*, 37, pp. 120-129.
- Thomas, H., Becerra, L., Fressoli, M., Garrido, S. y P. Juárez (2017), “Theoretical and Policy Failures in Technologies and Innovation for Social Inclusion: The cases of social housing, renewal energy and food production in Argentina”, en Kuhlmann, S. y G. Ordonez-Matamoros (eds.), *Research Handbook on Innovation Governance for Emerging Economies: Towards Better Models*, Londres, Edward Elgar Publishing, pp. 493-520.
- Thomas, H., M. Versino y A. Lalouf (2008), “La producción de tecnología nuclear en Argentina. El caso de la empresa invap”, *Desarrollo Económico*, 47, (188), pp. 543-575.

- Thomas, H., M. Fressoli y L. Becerra (2012), "Science and Technology Policy and Social Ex/Inclusion. Analyzing opportunities and constraints in Brazil and Argentina", *Science and Public Policy*, 39, (5), pp. 579-591.
- Thomas, H., L. Becerra y A. Bidinost (2019), ¿Cómo funcionan las tecnologías? "Alianzas socio-técnicas y procesos de construcción de funcionamiento en el análisis histórico", *Pasado Abierto*, (10), pp. 127-158.
- Thomas, H., Becerra, L. y Trentini F. (2019), "La evaluación académica basada en indicadores bibliométricos como sistema socio-técnico. Micro y macropolítica de la jerarquización de productos y actividades científicas y tecnológicas", *Redes. Revista de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología*, 25, (49), pp. 253–337. <https://doi.org/10.48160/18517072re49.79>
- Vercelli, A. y H. Thomas (2007), "La co-construcción de tecnologías y regulaciones: análisis socio-técnico de un artefacto anti-copia de Sony-bmg", *Espacios*, 28, (3), pp. 5-30.
- Weber, M. (1930 [1904-1905]), *The Protestant Ethic and the Spirit of Capitalism*, Nueva York / Londres, Charles Scribner's Sons / George Allen & Unwin Ltd. [En castellano: Weber, M. (1992), *La ética protestante y el espíritu del capitalismo*, Barcelona, Península].
- Winner, L. (1977), *Autonomous Technology Technics-Out-of-Control as a Theme in Political Thought*, Cambridge, The mit Press. [En castellano: Winner, L. (1979), *Tecnología autónoma: la técnica incontrolada como objeto del pensamiento político*, Barcelona, Gustavo Gilli].
- Winner, L. (1980), "Do Artifacts Have Politics?", *Daedalus*, 109, (1), pp. 121-136.

Artículo recibido el 25 de marzo de 2025

Aprobado para su publicación el 23 de junio de 2025