

**Del espíritu científico al espíritu tecnocientífico.
Una filosofía del no para el tercer entorno ***

**Do espírito científico ao espírito tecnocientífico.
Uma filosofia do não para o terceiro entorno**

***From the Scientific to the Techno-Scientific Mind.
A Philosophy of No for the Third Environment***

José Luis Granados Mateo  **

Este artículo reconstruye la noción bachelardiana de formación del espíritu científico bajo condiciones tecnocientíficas. Su pregunta es si el obstáculo epistemológico y la vigilancia bastan para comprender prácticas en las que operaciones cognitivas decisivas se delegan en simulaciones, algoritmos e infraestructuras institucionales. Mediante una reconstrucción conceptual y una crítica immanente de Bachelard, contrastadas con la concepción praxiológica de la tecnociencia de Echeverría y con aportes de los estudios CTS, se identifican tres desplazamientos funcionales: el desplazamiento del obstáculo desde la representación hacia el dispositivo, la opacidad de cadenas computacionales y la distribución institucional de la responsabilidad. A partir de ellas se propone el espíritu tecnocientífico como disposición normativa, situada y colectiva, y se formula una tipología heurística de cuatro obstáculos: opacidad operativa, evidencia sintética, compresión temporal y responsabilidad distribuida. La contribución específica a los estudios CTS consiste en vincular la descripción sociomaterial con criterios explícitos de formación y vigilancia sin restaurar un sujeto autónomo ni una racionalidad universal. Se concluye con prácticas de trazabilidad, contraste, ralentización y corresponsabilidad, así como con límites y vías para su investigación empírica.

Palabras clave: espíritu científico; tecnociencia; obstáculo epistemológico; vigilancia; tercer entorno

Este artigo reconstrói a noção bachelardiana de formação do espírito científico sob condições tecnocientíficas. A questão é saber se o obstáculo epistemológico e a vigilância bastam para compreender práticas nas quais operações cognitivas decisivas são delegadas a simulações, algoritmos e infraestruturas institucionais. Mediante uma reconstrução conceitual e uma crítica imanente de Bachelard, contrastadas com a concepção praxiológica da tecnociência de Echeverría e com contribuições dos estudos CTS, identificam-se três deslocamentos funcionais: o deslocamento do obstáculo da representação para o dispositivo, a opacidade das cadeias computacionais e a distribuição institucional da responsabilidade. A partir delas, propõe-se o espírito tecnocientífico como disposição normativa, situada e coletiva, e formula-se uma tipologia heurística de quatro obstáculos: opacidade operativa, evidência sintética, compressão temporal e responsabilidade distribuída. A contribuição específica aos estudos CTS consiste em vincular a descrição sociomaterial a critérios explícitos de formação e vigilância, sem restaurar um sujeito

* Recepción del artículo: 11/05/2026. Entrega del dictamen: 28/07/2026. Recepción del artículo final: 10/09/2026.

** Doctor en filosofía, ciencia y valores e investigador posdoctoral en el Departamento de Filosofía de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), España, gracias a la financiación del Programa de Perfeccionamiento de Personal Investigador Doctor del Gobierno Vasco (2023-2028). Es miembro del grupo Integrated History and Philosophy of Science (IHPS). Correo electrónico: jose Luis.granados@ehu.eus. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5881-6163>.

autônomo nem uma racionalidade universal. O artigo conclui com práticas de rastreabilidade, contraste, desaceleração e corresponsabilidade, além de limites e caminhos para sua investigação empírica.

Palavras-chave: espírito científico; tecnociência; obstáculo epistemológico; vigilância; terceiro entorno

This article reconstructs Bachelard's notion of the formation of the scientific mind under techno-scientific conditions. It asks whether epistemological obstacles and vigilance are sufficient to understand practices in which decisive cognitive operations are delegated to simulations, algorithms, and institutional infrastructures. Through a conceptual reconstruction and an immanent critique of Bachelard, contrasted with Echeverría's praxiological account of technoscience and insights from STS, it identifies three functional shifts: the displacement of obstacles from representations to devices, the opacity of computational chains, and the institutional distribution of responsibility. On this basis, the techno-scientific mind is proposed as a situated and collective normative disposition, together with a heuristic typology of four obstacles: operational opacity, synthetic evidence, temporal compression, and distributed responsibility. Its specific contribution to STS is to connect socio-material description with explicit criteria for formation and vigilance without restoring an autonomous subject or a universal rationality. The article concludes by deriving practices of traceability, contrast, deceleration, and co-responsibility, and by stating the proposal's limitations and paths for empirical inquiry.

Keywords: scientific mind; techno-science; epistemological obstacle; vigilance; third environment

Introducción

El punto de partida de este artículo es un problema que Bachelard habría reconocido sin dificultad: una idea fecunda puede convertirse en obstáculo cuando deja de exponerse a la rectificación, y otro tanto cabe decir de una epistemología. Por ello no trataremos el espíritu científico como una pieza intocable del museo filosófico, sino como un programa de formación cuya validez depende de su capacidad para transformarse cuando cambian las condiciones materiales de la actividad científica. En la actualidad, observar, clasificar, predecir y decidir son acciones que se llevan a cabo mediante modelos computacionales, infraestructuras de datos y organizaciones donde intervienen agentes con competencias, intereses y poderes diversos. En las configuraciones que aquí nos interesan, una vulnerabilidad epistémica puede quedar inscrita en una categoría de datos, una función objetivo, una interfaz o un protocolo de decisión y, una vez estabilizada, reproducirse más allá de la intención de una persona.

La cuestión principal puede formularse del modo siguiente: ¿hasta dónde cabe extender las categorías bachelardianas de obstáculo, ruptura y vigilancia, y a partir de qué punto dicha extensión exige reconstruirlas? Defenderemos una tesis doble. Por una parte, Bachelard sigue siendo indispensable, puesto que sitúa el error dentro del acto de conocer, vincula razón y técnica y concibe la objetividad como una conquista, no como un don de la experiencia. Por otra, su programa resulta insuficiente si la vigilancia queda circunscrita a las representaciones de un individuo, dado que en la práctica tecnocientífica los obstáculos no solo se piensan, sino que también se diseñan, se automatizan y se distribuyen entre sistemas de acciones. Denominaremos espíritu tecnocientífico a la ampliación requerida por ese desplazamiento: no se trata de postular una mente nueva ni una fase histórica que suprima la ciencia anterior, sino de analizar una disposición crítica, situada e institucional, capaz de interrogar las mediaciones técnicas, los conflictos de valores y la distribución de responsabilidades.

Antes de proseguir conviene afrontar una objeción, tanto más importante cuanto que surge del propio Bachelard. La fenomenotécnica, el racionalismo aplicado y la ciudad científica muestran que su epistemología no presupuso una razón desencarnada, puesto que atribuyó funciones constitutivas al instrumento, a la cooperación y a la crítica mutua. ¿Es necesario, entonces, introducir otro concepto? A nuestro entender, no basta con declarar insuficiente una filosofía por la fecha en que fue formulada; es preciso mostrar diferencias funcionales. Al trasladar esas categorías a las prácticas actuales aparecen tres costuras: en primer lugar, el obstáculo puede desplazarse de la representación al ensamblaje; en segundo lugar, el instrumento incorpora capas computacionales cuya inteligibilidad se distribuye entre agentes distintos; por último, quien detecta un fallo no coincide necesariamente con quien dispone de autoridad para corregirlo. Hay continuidad bachelardiana en los tres casos, pero también una modificación conjunta del objeto, la escala y la responsabilidad de la vigilancia.

Otro tanto cabe decir de la palabra “tecnociencia”, cuyo uso requiere cierta disciplina semántica. Si designara cualquier relación entre ciencia y técnica, el concepto abarcaría tantos fenómenos que apenas permitiría distinguirlos. En este artículo seguiremos la orientación praxiológica y axiológica de Javier Echeverría y entenderemos por tecnociencia una modalidad de actividad científico-tecnológica organizada en sistemas heterogéneos de acciones, promovida por agentes plurales y evaluada conforme a diversos subsistemas de valores. Esta elección obliga a considerar no solo los conocimientos producidos, sino también las acciones mediante las cuales se financian, programan, validan, comunican y aplican. La perspectiva de Latour permitirá seguir la distribución sociomaterial de esas acciones y la de Haraway precisar la posición y la

responsabilidad de quien conoce. No recurriremos a estos autores como autoridades acumulativas: cada uno introducirá una distinción que el argumento necesita y ninguno sustituirá el problema que tratamos de construir.

Desde la perspectiva de los estudios CTS, la dificultad consiste en articular dos resultados que a menudo se examinan por separado. Dichos estudios han mostrado que hechos, artefactos y sujetos se constituyen recíprocamente en redes sociomateriales; por tanto, no cabe volver sin más a un individuo soberano. Sin embargo, tampoco desaparece la cuestión formativa: si nadie domina la red completa, ¿cómo pueden agentes situados en posiciones diferentes reconocer y corregir una vulnerabilidad? Propondremos el espíritu tecnocientífico como concepto-puente entre descripción y formación. Su normatividad no procede de una razón exterior a las prácticas, sino de compromisos que la propia actividad científica reivindica —contraste, trazabilidad y rectificación— y de una exigencia pública cuando dicha actividad transforma situaciones. En este segundo caso, no solo importa saber si una inferencia es fiable, sino también quién decide, quién puede objetar y quién soporta los riesgos y las consecuencias de la acción.

El presente artículo lleva a cabo una reconstrucción conceptual con orientación normativa y, por ello, conviene delimitar desde el comienzo qué pretende hacer y qué queda fuera de su alcance. No ofrecemos una historia completa de la epistemología francesa, ni una sociología general de las ciencias digitalizadas, ni tampoco una descripción empírica de todas sus variantes. Distinguiremos tres movimientos, puesto que cada uno reclama un tipo de validez diferente. El primero es reconstructivo: seleccionaremos en Bachelard las categorías que desempeñan una función en el argumento sobre la formación —obstáculo, ruptura, fenomenotécnica, racionalismo aplicado y vigilancia—, evitando convertir su obra en un repertorio de citas. El segundo es crítico e inmanente: preguntaremos si dichas categorías satisfacen su propia exigencia de rectificar la razón cuando cambian las condiciones materiales e institucionales de su ejercicio. El tercero es propositivo: formularemos un concepto y una tipología cuyo interés dependerá de que permitan distinguir vulnerabilidades, orientar prácticas corregibles y suscitar preguntas que la investigación empírica pueda confirmar, matizar o refutar.

En cuanto al *corpus*, hemos seguido una regla de economía argumental y lo hemos reducido deliberadamente. Bachelard aporta la gramática de la formación y de la rectificación; Echeverría, una caracterización praxiológica y axiológica de la tecnociencia; Latour, el análisis de la agencia distribuida y de la producción de cajas negras; Haraway, un criterio de objetividad situada y responsable. A ello añadiremos la filosofía de la simulación y los estudios sobre opacidad algorítmica, porque permiten precisar mediaciones que no estaban disponibles para Bachelard. Los demás autores solo aparecerán cuando aporten evidencia o una distinción indispensable. Esta selección excluye genealogías relevantes y no pretende sintetizar el conjunto del campo CTS; su función es más modesta: confrontar una hipótesis normativa con perspectivas suficientemente diferentes, haciendo visibles tanto los apoyos que recibe como los problemas que deja sin resolver.

Conviene precisar asimismo qué entenderemos por obstáculo tecnocientífico. Usaremos esta expresión para designar un patrón recurrente de mediación que cumple conjuntamente tres condiciones: genera una vulnerabilidad epistémica sistemática, no se reduce a un error ocasional de una persona y exige una práctica correctiva que desborda la vigilancia clásica de las representaciones. Si alguna de estas condiciones falta, la noción corre el riesgo de transformarse en una enumeración indiscriminada de

problemas tecnológicos. Opacidad operativa, evidencia sintética, compresión temporal y responsabilidad distribuida serán presentadas como tipos ideales y heurísticos: pueden coexistir, solaparse, variar de una disciplina a otra o no aparecer en absoluto. No son exhaustivos ni proceden de un estudio de campo. Los ejemplos relativos al aprendizaje automático, la simulación o la evaluación científica mostrarán mecanismos documentados y harán plausible la tipología, pero no demostrarán una prevalencia universal ni autorizarán a afirmar que toda ciencia contemporánea funciona del mismo modo.

Por último, la normatividad que defenderemos también tiene límites precisos. No prescribe qué resultados científicos deben aceptarse ni ofrece una ética universal de la innovación; identifica condiciones procedimentales para que una práctica conserve la posibilidad efectiva de examinar sus operaciones, supuestos, valores y efectos. El adjetivo “efectiva” es importante, porque la proclamación de apertura carece de eficacia cuando faltan tiempo, acceso o autoridad para corregir. Nuestros criterios son falibles y regionales: deberán discutirse en comunidades concretas, compararse con otros arreglos y someterse a contrastación empírica. Esta reserva no debilita la tesis, sino que determina el tipo de validez que puede reclamar. Se trata de un ensayo de filosofía de la tecnociencia, no de una generalización sociológica, y por ello la propuesta ha de permanecer expuesta a la misma rectificación que exige de las prácticas analizadas.

Conforme a ello, organizaremos la exposición siguiendo el problema y no una simple sucesión de autores. En primer lugar, precisaremos los tres movimientos del análisis —reconstructivo, crítico immanente y propositivo—, su alcance y el estatuto heurístico de la propuesta. A continuación, reconstruiremos el núcleo de la epistemología bachelardiana y localizaremos sus tres costuras bajo condiciones tecnocientíficas. Solo entonces justificaremos la elección de Echeverría y la contrastaremos con Latour y Haraway. La parte central estará dedicada a definir el concepto, distinguir cuatro obstáculos y derivar prácticas de vigilancia; por último, examinaremos qué puede aportar este marco a los estudios CTS, cómo podría materializarse en la formación y qué investigaciones empíricas permitirían ponerlo a prueba. Este orden es relevante: el espíritu tecnocientífico ha de aparecer como respuesta a una dificultad previamente construida, no como una etiqueta cuya necesidad se haya decidido de antemano.

1. Bachelard: recursos y costuras de una epistemología de la formación

1.1. Obstáculo, ruptura y construcción

Nuestro punto de partida se encuentra en *La formación del espíritu científico*, donde Bachelard sitúa la dificultad en el interior mismo del conocimiento: “es en el acto mismo de conocer, íntimamente, donde aparecen [...] los entorpecimientos y las confusiones” (Bachelard, 2000, p. 15). Un obstáculo epistemológico no es, por tanto, una carencia externa que pudiera eliminarse mediante la simple acumulación de información, sino un saber que ha adquirido demasiado pronto la comodidad de la evidencia: una imagen, una palabra o una generalización que resolvió cierto problema y termina impidiendo formular otros. La formación científica no consiste en llenar un recipiente vacío, puesto que actúa sobre una cultura previamente constituida y, a menudo, contra aquello que esa cultura considera uno de sus éxitos. Esta inversión —el error como producto interno del conocer— proporciona el primer fundamento de nuestra propuesta.

El pasaje siguiente condensa la severidad y la fecundidad de dicha tesis. Cuando Bachelard afirma que “la ciencia [...] se opone en absoluto a la opinión” (Bachelard,

2000, p. 16), no sostiene que todo saber ordinario carezca de valor, sino que una proposición científica ha de construirse en un espacio de problemas y pruebas diferente de la adhesión inmediata. De ahí su conocida sentencia: “nada es espontáneo. Nada está dado. Todo se construye” (Bachelard, 2000, p. 16). Pero la construcción no empieza con una respuesta correcta, sino con la pregunta, pues “todo conocimiento es una respuesta a una pregunta” (Bachelard, 2000, p. 16). Dicho de otra manera, la racionalidad científica consiste también en rehacer la pregunta clausurada por un hábito; rectificar no es reparar desde fuera una ciencia ya terminada, sino una de las acciones mediante las cuales la ciencia se mantiene abierta.

La filosofía del no impide, a su vez, identificar esa apertura con un gusto abstracto por la contradicción. En el capítulo final de *La filosofía del no*, Bachelard habla de una “preocupación por mantener en discusión los resultados obtenidos” (Bachelard, 2003, p. 112) y precisa que la negación interviene únicamente en “determinadas articulaciones” (Bachelard, 2003, p. 112). Él no tiene objeto y dirección: reorganiza el saber sobre una base más amplia, pero no convierte necesariamente en falso todo cuanto lo precede, puesto que un concepto puede conservarse como caso regional de una construcción nueva. Por ello el racionalismo bachelardiano es plural sin ser relativista. El perfil epistemológico registra la coexistencia de orientaciones filosóficas diversas en la historia concreta de un concepto (Bachelard, 2003, p. 37), en lugar de distribuir credenciales universales de madurez.

Otro tanto cabe decir del racionalismo aplicado, que no pertenece a una conciencia solitaria. La razón científica se forma mediante acciones de intercambio entre matemática, experiencia, instrumentación y crítica colectiva. Bachelard lo dice sin rodeos: “*Il faut à la pensée scientifique une réalité sociale, l’assentiment d’une cité physicienne et mathématicienne*” (Bachelard, 1986, p. 6); el pensamiento científico necesita una realidad social y el asentimiento de una comunidad físico-matemática (traducción propia). El instrumento también forma parte de la racionalidad, puesto que organiza la experiencia y produce una realidad transformada, rectificada y orientada por un programa teórico (Bachelard, 1986, pp. 4-10). La fenomenotécnica impone, por consiguiente, una cautela a nuestra reconstrucción: antes de señalar los límites del marco bachelardiano, es preciso reconocer que la técnica y la comunidad ya estaban incorporadas a él.

En resumen, no conservaremos de este programa una lista de conceptos, sino una tensión constitutiva entre construcción y rectificación. La objetividad es una conquista revisable, el error indica dónde se ha inmovilizado el pensamiento y la formación transforma no solo lo conocido, sino también a quienes conocen. Bachelard advierte que llega un momento en que “el espíritu prefiere lo que confirma su saber a lo que lo contradice” (Bachelard, 2000, p. 17), observación que puede aplicarse a las instituciones y, por supuesto, a la teoría que aquí proponemos. Chimisso (2001) ha mostrado el arraigo histórico y pedagógico de esta epistemología en la cultura francesa. Trasladarla al presente exige mantener dicho arraigo y ampliar la unidad de formación, de modo que junto a las disposiciones personales se analicen artefactos, normas, incentivos y distribuciones de autoridad.

1.2. La objeción de suficiencia

Una vez reconstruido este núcleo, la objeción de suficiencia puede formularse en toda su fuerza. Si el obstáculo designa una función y no una taxonomía cerrada, nada impide que reaparezca en dominios nuevos; si la fenomenotécnica incorpora instrumentos, la ciudad científica somete al individuo a la crítica de sus pares y la vigilancia vuelve sobre

el propio examen, quizá sea suficiente hablar de espíritu científico bajo condiciones digitales. Esta hipótesis rival tiene dos ventajas: evita inflar el vocabulario y preserva la plasticidad de Bachelard. Por ello la carga de la prueba recae sobre el nuevo adjetivo. “Tecnocientífico” solo estará justificado si permite distinguir operaciones que la expresión anterior tiende a dejar en segundo plano; si no las distingue será redundante y, si rompe por completo con Bachelard, perderá la norma de rectificación de la que depende.

La respuesta no puede basarse en la mera distancia cronológica entre 1938 y el presente. Que Bachelard no conociera Internet es un dato histórico trivial, no un argumento filosófico. Lo relevante son los desajustes funcionales, es decir, aquello que su marco permite reconocer y que, al mismo tiempo, tiende a dar por resuelto. Distinguiremos tres: el lugar donde se inscribe el obstáculo, la inteligibilidad del instrumento y el sujeto o sistema capaz de rectificar. Los denominaremos costuras porque no constituyen una frontera absoluta entre ciencia y tecnociencia; indican, más bien, los puntos en los que una continuidad conceptual necesita otra forma de articulación cuando cambian la escala, los agentes y las condiciones de la acción.

En primer lugar, cambia el lugar del obstáculo. En Bachelard, las imágenes, las palabras y los hábitos intelectuales operan primordialmente en la cultura del sujeto; incluso cuando el instrumento construye el fenómeno, la razón puede apropiarse normativamente de su organización. Una cadena algorítmica introduce otra posibilidad: categorías heredadas en los datos, funciones objetivo, umbrales, interfaces y protocolos institucionales pueden orientar conjuntamente una decisión sin que ninguna persona suscriba conscientemente el sesgo resultante. El obstáculo no se encuentra entonces delante del dispositivo ni oculto en una sola mente, sino en la relación entre componentes y en el sistema de acciones que la estabiliza. Rectificarlo exige reconstruir dicho sistema, no solo educar mejor a quien recibe su resultado.

En segundo lugar, cambia la inteligibilidad del instrumento. Un aparato fenomenotécnico condensa teoría y la vigilancia presupone que esa condensación puede reconstruirse en el nivel pertinente. Las infraestructuras computacionales añaden bibliotecas de *software*, modelos entrenados, operaciones de preprocesamiento, arquitecturas de *hardware* y datos producidos fuera del laboratorio, pero dichas capas no generan una oscuridad homogénea. Burrell (2016, p. 1) distingue la ocultación deliberada, la desigualdad de competencias y la opacidad que emerge de la escala y de la estructura matemática del aprendizaje automático. Cada mecanismo requiere acciones diferentes: publicar código puede reducir el secreto y mantener intacta la incompreensión. La unidad de vigilancia ya no es, por tanto, un aparato aislado, sino una cadena de dependencias, traducciones y condiciones de validez.

En tercer lugar, cambia el sujeto de la rectificación. La ciudad científica somete al individuo a la crítica colectiva, pero las organizaciones complejas pueden separar conocimiento, acceso y autoridad: quien prepara los datos puede advertir una anomalía sin decidir el despliegue; quien decide puede ignorar la estructura del modelo; quien recibe los efectos puede carecer de cauces para impugnarlos. Echeverría observó que, con la macrociencia, el sujeto “devino plural” (Echeverría, 2003, p. 20). Latour añade que “*the fate of what we say and make is in later users’ hands*” (Latour, 1987, p. 29; traducción propia: “el destino de lo que decimos y hacemos está en manos de usuarios posteriores”). La pluralidad incrementa la capacidad de acción, pero puede diluir la responsabilidad si no se articulan procedimientos explícitos de gobierno y corrección.

Estas tres costuras no autorizan a sustituir el programa bachelardiano, aunque sí obligan a reconstruir su alcance. Conservaremos la ruptura con la inmediatez, la construcción del objeto y la exigencia de volver críticamente sobre lo hecho; lo que ya no puede presuponerse es dónde se inscribe la mediación, quién dispone del conocimiento necesario para seguirla y qué organización transforma una objeción en capacidad efectiva de corrección. El adjetivo tecnocientífico señala ese cambio simultáneo de blanco, escala y responsabilidad. No anuncia la aparición de una humanidad cognitiva nueva, sino algo más sobrio: una virtud epistémica puede perder eficacia cuando el sistema material e institucional en el que ha de ejercerse no distribuye los medios necesarios para actuar.

2. Tecnociencia: elección conceptual y contraste

2.1. Por qué partir de Echeverría

Como ocurre con otros conceptos centrales de los estudios CTS, tecnociencia no posee una genealogía única. El término puede designar la inseparabilidad general de ciencia y técnica, la coproducción de hechos y artefactos, una formación histórica vinculada a la macrociencia o un programa crítico feminista. En este artículo tomaremos como eje la concepción de Echeverría, no porque clausure las demás, sino porque el problema planteado requiere una teoría de la actividad y de los valores que la orientan. Su principal ventaja consiste en permitir el análisis conjunto de agentes, fines, recursos y evaluaciones dentro de sistemas de acciones. También tiene límites: una periodización elaborada principalmente a partir de la experiencia estadounidense no debe generalizarse sin contrastes regionales. Nuestra elección es, por tanto, funcional y discutible, razón por la cual conviene explicitarla.

En *La revolución tecnocientífica*, la ciencia académica, la macrociencia y la tecnociencia no son los peldaños de una escalera histórica que deba conducir a la desaparición de la primera. Echeverría (2003, pp. 8-10 y pp. 16-24) sitúa la emergencia de la macrociencia entre 1940 y 1965, distingue una fase de crisis entre 1966 y 1976 y reserva la tecnociencia en sentido estricto para la modalidad empresarializada e informatizada que se consolida durante el último cuarto del siglo XX. Las tres modalidades pueden coexistir e interactuar. Además, la diferencia no es únicamente cuantitativa: “en el paso de la ciencia a la tecnociencia no solo cambia el tamaño. También, y ante todo, la forma” (Echeverría, 2003, p. 68). Lo que debe analizarse, por consiguiente, no es solo la magnitud de los proyectos, sino la estructura de las acciones que los hacen posibles.

El núcleo de esta propuesta es praxiológico y, al mismo tiempo, axiológico. *La revolución tecnocientífica* “no es, *prima facie*, una revolución epistemológica o metodológica [...] sino ante todo una revolución praxiológica” (Echeverría, 2003, p. 113), puesto que transforma objetivos, agentes, financiación, organización y procedimientos de evaluación, aunque numerosos conocimientos y métodos sigan vigentes. También cambia el estatuto del saber: “el conocimiento tecnocientífico ha dejado de ser un bien en sí para ser un bien desde unos puntos de vista y un mal desde otros” (Echeverría, 2003, p. 69). Valores epistémicos, técnicos, económicos, políticos, militares, jurídicos y sociales pueden cooperar o entrar en conflicto (Echeverría, 2003, pp. 155–166). La formulación posterior es inequívoca: “La tecnociencia no se limita a describir o explicar el mundo, sino que pretende transformarlo” (Echeverría, 2015, p. 109). Una teoría de la formación ha de ocuparse, por ello, de las capacidades requeridas para reconocer y discutir esa pluralidad axiológica.

El concepto de tercer entorno precisa el ámbito en el que se llevan a cabo muchas de esas acciones. Sustentado por tecnologías de información y comunicación, modifica la distancia, la presencia, la memoria y las posibilidades de intervención (Echeverría, 1999); pero no es un mundo inmaterial superpuesto a los otros dos, puesto que depende de cables, centros de datos, energía, estándares, interfaces, empresas y administraciones. Su aparente ingravidez tiene condiciones materiales muy concretas. Habitarlo epistémicamente implica trabajar con inscripciones que circulan, se copian y se transforman fuera del alcance perceptivo de una sola persona. Una filosofía del no para el tercer entorno ha de combatir, por consiguiente, una inmediatez específica: la que produce la pantalla cuando presenta como resultado directo lo que procede de una larga cadena de selecciones y operaciones.

Esta adopción requiere dos cautelas. La primera es histórica: el esquema de Echeverría ha de ser contrastado regionalmente y no convierte a Estados Unidos en medida universal de toda tecnociencia. La segunda es analítica: digitalización y tecnociencia no son términos equivalentes. Emplearemos el segundo cuando la producción de conocimiento forme parte relevante de un sistema de acciones en el que intervienen agentes plurales, valores heterogéneos y una capacidad efectiva para transformar situaciones. Un laboratorio pequeño puede integrarse en dicho sistema, mientras que una práctica intensiva en cálculo puede quedar fuera de él. En resumen, la categoría ha de servir para discriminar configuraciones y no para atribuir un mismo nombre a la totalidad de una época.

2.2. Qué aportan y qué no sustituyen los enfoques descriptivos

Latour aborda estas cuestiones desde otra perspectiva. *Science in Action* propone seguir a científicos e ingenieros antes de que la controversia quede clausurada por un resultado estabilizado. En una caja negra, afirma, “*only their input and output count*” (Latour, 1987, p. 3; traducción propia: “solo cuentan sus entradas y salidas”). Abrirla supone reconstruir instrumentos, artículos, aliados, recursos y decisiones, es decir, precisamente aquello que una salida eficaz permite olvidar. Esta estrategia impide atribuir la credulidad a una conciencia aislada, puesto que un resultado se vuelve disponible y convincente gracias a la red que lo transporta, traduce y sostiene. La primera pregunta no es, por tanto, quién creyó demasiado, sino qué ensamblaje hizo que dicha creencia resultara razonable o incluso inevitable.

Sin embargo, seguir una caja negra y justificar su reapertura son acciones diferentes. La descripción permite conocer cómo se distribuye la agencia y cómo una afirmación adquiere estabilidad, pero no determina por sí sola qué nivel de trazabilidad es exigible, quién debe financiarlo o ante qué públicos ha de responder. Señalar esta diferencia no equivale a reducir los estudios CTS a una sociología neutral, puesto que una buena descripción puede deshacer la aparente necesidad de un orden. La distinción es lógica: cuando pasamos de reconstruir asociaciones a exigir participación, capacidad de interrupción o reparación, introducimos razones normativas. A nuestro entender, conviene explicitarlas, analizar los valores que incorporan y someterlas a la misma crítica que aplicamos a las acciones tecnocientíficas.

Haraway introduce una segunda corrección, referida ahora a la posición de quien conoce. Los conocimientos situados impugnan tanto la mirada desde ninguna parte como el relativismo que declara equivalentes todas las posiciones: “*Feminist objectivity means quite simply situated knowledges*” (Haraway, 1988, p. 581; traducción propia: “la objetividad feminista significa, sencillamente, conocimientos situados”). Localizar una

mirada no la invalida, sino que la obliga a responder por las condiciones que le permiten ver y por aquello que deja fuera. La vigilancia adquiere así otro sentido. Desubjetivar no puede consistir en borrar la posición del agente, sino en hacerla examinable, relacionarla con otras posiciones y analizar las asimetrías que determinan quién puede hablar, quién es escuchado y quién soporta las consecuencias.

El marco que propondremos no pretende fusionar estas perspectivas. Conserva de Bachelard la exigencia de rectificación; adopta de Echeverría la unidad praxiológica de análisis y el pluralismo axiológico; aprende de Latour a seguir la acción distribuida y de Haraway a no confundir objetividad con ausencia de posición. Esta articulación está gobernada por una pregunta más restringida que una teoría general de la tecnociencia: ¿qué disposiciones y qué arreglos permiten que una red conserve la capacidad de examinar sus acciones, revisar sus fines y responder por sus efectos? El espíritu tecnocientífico deberá evaluarse conforme a lo que permita hacer ante esa pregunta, y no por el número de tradiciones que consiga reunir bajo una misma denominación.

Tampoco recuperaremos una razón ilustrada convertida en tribunal exterior a las prácticas. La racionalidad a la que apelamos es regional, situada y dependiente de instrumentos, lenguajes e instituciones; no incorpora un catálogo sustantivo capaz de resolver de antemano todos los conflictos. Sin embargo, mantiene una exigencia mínima: las afirmaciones y decisiones que pretenden valer más allá de la autoridad de quien las formula han de exponer sus condiciones pertinentes, admitir objeciones y permanecer revisables. La localización limita una pretensión de validez y le asigna responsabilidades, pero no la vuelve inmune a la crítica. Renunciar a esta diferencia impediría cuestionar tanto una universalidad ficticia como los poderes concretos que se protegen invocando su particularidad.

3. El espíritu tecnocientífico como reconstrucción normativa

3.1. Definición y necesidad del concepto

Denominaremos espíritu tecnocientífico a la disposición individual, colectiva e institucional para identificar, reconstruir, rectificar y responder por las mediaciones técnicas y axiológicas que intervienen en la producción y utilización del conocimiento. El término disposición evita dos equívocos: no postulamos una sustancia mental compartida ni un tipo humano homogéneo, y tampoco pretendemos describir el supuesto carácter de una época. “Espíritu” conserva el sentido formativo que tiene en Bachelard, es decir, hábitos críticos adquiridos mediante acciones de ruptura, construcción y vigilancia; “tecnocientífico” modifica la unidad a la que se aplican esas acciones, puesto que remite a sistemas donde conocimientos, artefactos, organizaciones y valores se producen conjuntamente. Se trata, por tanto, de una capacidad relacional que se manifiesta en personas concretas, pero cuyo ejercicio depende de accesos, tiempos, normas y autoridades que ninguna voluntad individual puede procurarse por sí sola.

Los cuatro verbos de la definición señalan operaciones diferentes y evitan que el concepto quede reducido a una declaración de buenas intenciones. Identificar consiste en reconocer que toda salida tiene condiciones de producción; reconstruir implica seguir, hasta el nivel pertinente, los datos, modelos, transformaciones, agentes y valores que intervienen; rectificar exige procedimientos capaces de modificar una inferencia o un sistema; responder supone hacer visibles obligaciones diferenciadas y consecuencias. No basta con comprender un algoritmo si quien lo comprende carece de autoridad para

auditarlo, y otro tanto cabe decir de la publicación del código cuando permanecen cerrados los datos, los fines o los criterios de éxito. Cada verbo permite localizar una posible interrupción entre saber, poder actuar y asumir consecuencias, de modo que la disposición propuesta puede examinarse en acciones observables.

Cabe preguntar por qué no seguimos hablando, simplemente, de un espíritu científico actualizado. La nueva expresión reúne tres desplazamientos que, si se analizan por separado, pierden una parte importante de su significación: la introspección crítica se amplía como trazabilidad sociotécnica, el instrumento inteligible se convierte en una cadena heterogénea y la responsabilidad del conocedor pasa a ser un problema de gobierno de la corrección. Este tercer desplazamiento es decisivo, puesto que una virtud personal carece de eficacia cuando no existen acceso, tiempo, autoridad o cauces para formular una objeción. El concepto estará justificado mientras obligue a pensar conjuntamente estos planos y permita distinguir arreglos más o menos favorables a la rectificación; no lo estará si se limita a anunciar una ruptura de época o a añadir solemnidad terminológica al espíritu científico.

Nuestra propuesta no celebra, por consiguiente, una adaptación dócil a la tecnociencia existente. Pallitto y di Pasquo (2017, pp. 263-264) advierten que un espíritu tecnocientífico gobernado por la expansión de la intervención puede entrar en conflicto con la ciudadanía democrática. Dicha objeción no obliga a abandonar el término, pero sí a disputar su contenido. Eficiencia e innovación no han de aprenderse como evidencias autojustificadas, sino analizarse como valores que interactúan con otros valores y pueden ser objetados. En algunos casos la rectificación consistirá en mejorar una herramienta; en otros será preciso modificar sus fines, redistribuir la autoridad o decidir que no debe desplegarse. Dicho de otra manera, un concepto crítico no se define solo por las acciones que promueve, sino también por los noes que permite formular y hacer efectivos.

No suponemos, por tanto, la existencia de un sujeto heroico capaz de comprender y controlar la totalidad. La tecnociencia actúa mediante agentes plurales y la formación debe asumir esa pluralidad sin convertirla en coartada. Un equipo incrementa su capacidad crítica cuando documenta decisiones, conserva trazas, diferencia validación y despliegue y atribuye consecuencias a las objeciones; una institución la reduce cuando recompensa exclusivamente la rapidez, oculta dependencias o imputa responsabilidad a quien no dispone de poder. Las personas siguen siendo indispensables, puesto que alguien pregunta, duda, advierte y responde, pero dichas acciones adquieren eficacia o se vuelven irrelevantes en función del sistema en el que se insertan. Por ello la unidad de intervención ha de prolongarse hasta los sistemas de acciones que hacen posibles esos gestos.

3.2. Criterios y estatuto de los obstáculos tecnocientíficos

La tipología que presentaremos es heurística y deliberadamente incompleta. Hemos seleccionado cuatro figuras atendiendo a tres criterios: la recurrencia de la mediación, la vulnerabilidad sistemática que puede generar y la imposibilidad de corregirla mediante una vigilancia limitada a las representaciones individuales. No pretendemos reproducir uno por uno los obstáculos de Bachelard ni completar definitivamente su lista. La continuidad es funcional: una mediación necesaria para conocer se transforma en principio de cierre cuando se naturaliza, deja de ser interrogada y sustrae sus efectos a la rectificación. La utilidad de estos tipos dependerá de que permitan separar mecanismos que suelen confundirse y evitar, por consiguiente, soluciones tan generales que resulten incapaces de modificar las prácticas.

Conviene subrayar que las cajas negras, las simulaciones, la velocidad y la especialización no son males intrínsecos. Sin cierres provisionales sería imposible actuar; las simulaciones permiten investigar fenómenos inaccesibles; la rapidez puede resultar vital; la división del trabajo hace posibles conocimientos que ningún individuo produciría en solitario. El obstáculo aparece cuando una condición productiva se presenta como autosuficiente y bloquea la posibilidad de volver sobre ella. En ello reside la continuidad con el gesto bachelardiano: no se denuncia una herramienta por existir, sino el momento en que el éxito de una solución borra el problema que la hizo necesaria y convierte una construcción revisable en evidencia. Por tanto, cada obstáculo habrá de definirse junto con las acciones que permiten reabrirlo.

3.2.1. *Opacidad operativa*

Hablaremos de opacidad operativa cuando una salida desempeña una función epistémicamente relevante y, sin embargo, no puede reconstruirse en grado suficiente cómo fue producida, qué supuestos incorpora o en qué condiciones deja de ser fiable. Importa distinguir el origen de esa imposibilidad, puesto que puede deberse al secreto comercial o estatal, a una distribución desigual de competencias o a una complejidad que emerge de la escala y de la estructura del modelo (Burrell, 2016). Las acciones correctivas no son equivalentes: frente al secreto se requieren reglas de acceso; frente a la brecha técnica, documentación y formación; frente a la complejidad, pruebas y delimitaciones de uso. Una apelación genérica a la transparencia oculta estas diferencias y, sobre todo, no aclara quién puede abrir qué componente ni con qué consecuencias.

El problema no consiste en que cada usuario ignore todas las líneas de código, exigencia imposible y, en muchos casos, irrelevante. La opacidad se convierte en obstáculo cuando se confunden funcionamiento y justificación, es decir, cuando el buen rendimiento del sistema en determinadas pruebas se acepta como razón suficiente para utilizar su salida en otro contexto. Los programas de explicabilidad algorítmica intentan construir representaciones comprensibles para agentes diferentes (Gunning *et al.*, 2019), pero una explicación simplificada puede generar una nueva apariencia de acceso directo. No preguntaremos, por tanto, si el modelo es transparente en abstracto, sino qué representación necesita cada agente para detectar los fallos pertinentes, reconocer los límites de su conocimiento y disponer de capacidad para actuar en consecuencia.

La acción correctiva correspondiente es una trazabilidad proporcionada al riesgo. Ello implica conservar la procedencia y las transformaciones de los datos, las versiones, las decisiones de modelado, las métricas, las condiciones de validación y la distribución de responsabilidades. El criterio de proporcionalidad evita transformar la documentación en ritual burocrático, puesto que una herramienta exploratoria no exige el mismo escrutinio que un sistema destinado a asignar recursos o a intervenir en una decisión clínica. La trazabilidad no elimina la incertidumbre ni promete una comprensión total; su función es más concreta: permite formular lo que no se sabe, localizar puntos ciegos y asignar tareas de revisión antes de que una salida circule como hecho consumado. Evaluarla exige, por tanto, atender tanto a la información conservada como a la capacidad real de utilizarla.

3.2.2. *Evidencia sintética*

Denominaremos evidencia sintética a la situación en la que una visualización, un indicador, una clasificación o una simulación se recibe como si presentara el fenómeno sin mediaciones. Sin embargo, toda salida computacional es un artefacto epistémico en el que se articulan modelos, aproximaciones, parámetros, datos y decisiones acerca de

qué contará como resultado. Humphreys (2004) mostró que la computación puede exceder las capacidades cognitivas individuales y modificar el método científico; Winsberg (2010), por su parte, reconstruyó la credibilidad de las simulaciones como resultado de una historia heterogénea de construcción e inferencia, y no como mera semejanza entre modelo y mundo. La autoridad de la imagen final depende de esas acciones, aunque la interfaz las contraiga hasta hacerlas desaparecer.

El parentesco con la experiencia primera de Bachelard es parcial, y precisamente por ello resulta filosóficamente fértil. La imagen sensible parecía ofrecerse antes de la teoría; la salida digital parece ofrecerse después de toda teoría, como un resultado ya depurado de sus condiciones de producción. En ambos casos desaparece la construcción, aunque la diferencia no es menor: una simulación puede estar sólidamente fundamentada y alcanzar una fiabilidad elevada, lo que incrementa su fuerza de convicción. Se convierte en obstáculo cuando dicho éxito vuelve impertinentes las preguntas sobre la sensibilidad a los supuestos, la validez externa o la incertidumbre. Lo construido reaparece entonces como dado, pero lo hace investido con el prestigio del cálculo y con una capacidad de circulación que la imagen inmediata no poseía.

Contrastar la evidencia sintética no significa desconfiar por principio de la simulación, sino determinar qué evidencia aporta y qué afirmaciones no autoriza. Los análisis de sensibilidad, la comparación con datos y modelos alternativos, los casos límite y los conocimientos situados componen un contraste multimodal. Una visualización ha de representar la incertidumbre cuando sea pertinente; un indicador debe conservar su vínculo con la definición que lo produjo; una predicción debe distinguir el rendimiento estadístico de la adecuación a una decisión concreta. Multiplicar las pruebas solo mejora el juicio si dichas pruebas son genuinamente diferentes. Cuando se acumulan representaciones equivalentes, la aparente robustez puede limitarse a reproducir, con otros formatos, la fascinación que se pretendía corregir.

3.2.3. *Compresión temporal*

El tercer obstáculo se refiere al ritmo de las acciones. Hay compresión temporal cuando las condiciones de producción, evaluación o decisión reducen sistemáticamente el tiempo disponible para formular problemas, replicar resultados, documentar procedimientos o atender anomalías. No afirmamos que toda tecnología digital destruya la atención ni que exista una psicología universal de la prisa; nuestra hipótesis es organizativa. Determinadas combinaciones de métricas, competencia e infraestructuras premian la velocidad y desplazan los costes de verificación hacia quienes tienen menor capacidad para negociar los plazos. La rapidez se transforma en obstáculo cuando deja de funcionar como medio y pasa a determinar, junto con otros valores, qué acciones cuentan como trabajo valioso y cuáles quedan excluidas por improductivas.

Los apoyos empíricos disponibles son parciales y deben mantenerse en esa escala. Smaldino y McElreath (2016) modelan cómo un entorno competitivo orientado por la productividad puede seleccionar métodos menos fiables sin necesidad de fraude individual; Stengers (2019), desde otra tradición, reclama una desaceleración que devuelva a las ciencias tiempo para pensar sus obligaciones y sus públicos. Ninguna de estas obras demuestra que investigar deprisa equivalga siempre a investigar mal. Sí permiten identificar mecanismos mediante los cuales el ritmo deja de ser una contingencia y desplaza otros criterios de calidad. Esta cautela es imprescindible, porque convertir la lentitud en una virtud automática reproduciría la misma naturalización axiológica que estamos criticando.

La afinidad bachelardiana aparece en la generalización prematura: la respuesta queda estabilizada antes de que el problema haya ofrecido suficiente resistencia. Su corrección no exige una lentitud indiscriminada, opción inviable en situaciones de emergencia, sino lo que denominaremos soberanía temporal situada. Entendemos por tal la capacidad de reservar momentos y roles para la revisión, establecer umbrales que impidan automatizar sin examen decisiones de alto impacto, documentar las verificaciones pospuestas y permitir que una anomalía interrumpa el proceso. La pregunta no es cuántos días son epistémicamente buenos en abstracto, sino quién fija el ritmo, conforme a qué valores y sobre qué agentes recaen los riesgos generados por el tiempo ahorrado.

3.2.4. Responsabilidad distribuida

El cuarto obstáculo surge cuando la división sociotécnica del trabajo impide identificar quién debe responder por un supuesto, una decisión o un daño. Conviene distinguir la responsabilidad distribuida de la agencia distribuida, condición ordinaria y productiva de las redes analizadas por Latour (1987). El problema aparece cuando cada participante puede remitir la decisión a otra instancia —el modelo, el proveedor, el protocolo, el comité o el usuario— y ninguna conserva capacidad para modificarla. La pluralidad de agentes no vuelve indiferenciadas las obligaciones; por el contrario, obliga a reconstruir con mayor precisión dónde se encuentran el conocimiento, la autoridad, los beneficios y la posibilidad de reparación. De otro modo, la distribución de la acción puede terminar funcionando como un procedimiento de exención recíproca.

No existe una distribución universal de responsabilidades, puesto que las culturas epistémicas difieren en instrumentos, coordinaciones y criterios de evidencia (Knorr Cetina, 1999). Un arreglo adecuado en medicina puede resultar absurdo en astronomía. Sin embargo, la especialización no justifica un vacío de gobierno. Cabe asignar responsabilidades diferentes sobre los datos, la validación, el despliegue y las reclamaciones, siempre que las transiciones estén documentadas y que algún agente disponga de autoridad para detener o modificar la operación. La imputación ha de seguir la distribución efectiva de capacidad, conocimiento y poder de intervención; buscar una persona culpable al final de la cadena puede satisfacer una demanda retrospectiva y, al mismo tiempo, dejar intacto el sistema que produjo el fallo.

Propondremos como respuesta una corresponsabilidad diferenciada, articulada mediante roles explícitos, revisión independiente, canales protegidos de objeción, participación de las personas afectadas y mecanismos de reparación. Jasanoff (2003, p. 223) denomina “tecnologías de la humildad” a procedimientos públicos atentos a los encuadres, las vulnerabilidades, las distribuciones y el aprendizaje frente a lo desconocido. En este contexto, la humildad deja de ser una virtud privada y se convierte en arquitectura institucional. Ninguna posición conoce el sistema completo, pero dicha limitación no exime de responder; exige coordinar obligaciones y ampliar la deliberación. La vigilancia bachelardiana encuentra así un soporte organizativo que no depende de la lucidez excepcional de un individuo.

3.3. Comparación funcional

La **Tabla 1** compara los cuatro obstáculos con el gesto bachelardiano que cada uno prolonga. No pretendemos homologar épocas ni establecer equivalencias término a término, sino mostrar tres aspectos: qué mediación se cierra, qué cambia al pasar de la conciencia al sistema y qué práctica permite reabrir la rectificación. La tabla ha de leerse, por tanto, como una comparación funcional y no como una taxonomía histórica.

Tabla 1. Obstáculos clásicos y tecnocientíficos: comparación funcional

Obstáculo	Ubicación y vulnerabilidad	Continuidad y novedad	Práctica correctiva
Opacidad operativa	La salida se usa sin reconstruir datos, modelo, transformaciones, límites o intereses inscritos en la cadena.	Continúa la crítica a la evidencia no interrogada. La novedad es que el cierre puede estar estabilizado en código, datos, interfaces y contratos.	Trazabilidad proporcional al riesgo; documentación; pruebas; acceso y explicación ajustados al rol.
Evidencia sintética	Una visualización, indicador, clasificación o simulación aparece como presentación inmediata del fenómeno.	Reformula la crítica a la experiencia primera. La salida ya está teóricamente construida y su autoridad puede borrar esa construcción.	Contraste multimodal; análisis de sensibilidad; modelos alternativos; incertidumbre y casos límite.
Compresión temporal	Métricas, competencia o interfaces reducen el tiempo disponible para problematizar, replicar, documentar o atender anomalías.	Continúa la crítica a la generalización prematura. La novedad es que el cierre deriva de ritmos e incentivos organizacionales.	Soberanía temporal situada; umbrales de revisión; registro de verificaciones pospuestas; capacidad de detener.
Responsabilidad distribuida	La división del trabajo separa conocimiento, autoridad y consecuencias; cada actor remite la decisión a otra parte.	Amplía la vigilancia de la ciudad científica. La novedad es el vacío de gobierno que puede producir la agencia distribuida.	Corresponsabilidad diferenciada; matriz de roles; revisión independiente; objeción, participación y reparación.

Fuente: elaboración propia.

La comparación permite reconocer una familia de borramientos. La opacidad operativa oculta la cadena de operaciones; la evidencia sintética, el trabajo de construcción; la compresión temporal, el tiempo requerido para problematizar; la responsabilidad distribuida, la diferencia entre capacidades y obligaciones. Sus acciones correctivas no prometen volverlo todo transparente, sino crear puntos de reentrada: trazar, contrastar, reservar tiempo y asignar corresponsabilidad permiten volver sobre una acción y modificarla cuando existen razones para hacerlo. Este es el hilo que mantiene unidas figuras diferentes. El espíritu tecnocientífico no añade una sospecha general contra la técnica; organiza la posibilidad de revisar aquello que, precisamente porque funciona, corre el riesgo de dejar de ser interrogado.

Los cuatro tipos están atravesados por un mismo eje: la naturalización de los valores. Echeverría (2003, pp. 155-166) caracteriza la tecnociencia como un sistema donde valores epistémicos, técnicos, económicos, políticos, militares, jurídicos y sociales cooperan o entran en conflicto. Un modelo puede aumentar la precisión media y reducir la equidad; una institución puede privilegiar la seguridad, la rentabilidad o la novedad; un protocolo puede distribuir desigualmente costes y beneficios. No añadiremos por ello un quinto obstáculo axiológico, puesto que tal operación sugeriría que los valores intervienen después de resolver lo técnico. Por el contrario, están incorporados a cada selección: a la definición del problema, la métrica de éxito, el ritmo considerado aceptable y la distribución de capacidad para objetar.

3.4. Tres dimensiones de la vigilancia tecnocientífica

Para analizar cómo opera la vigilancia distinguiremos tres dimensiones, aunque no las convertiremos en etapas sucesivas. La dimensión operativa se refiere a la producción de la salida; la ético-política, a los fines y distribuciones; la reflexivo-institucional, a las condiciones que hacen eficaz una corrección. Las tres pueden aplicarse a un mismo sistema y ser desarrolladas por agentes distintos. Su distinción evita tres reducciones frecuentes: identificar la destreza técnica con una crítica completa, discutir valores sin modificar la materialidad de las operaciones y sustituir la responsabilidad por una declaración que ningún agente está en condiciones de hacer valer.

En primer lugar, la dimensión operativa sigue las acciones mediante las cuales se produce una salida: qué datos e instrumentos intervienen, qué transformaciones experimentan, dónde aparecen incertidumbres y límites de validez y en qué medida la operación puede repetirse o auditarse para la decisión considerada. Su horizonte no es la transparencia total, ficción poco útil en sistemas complejos, sino una trazabilidad que permita ejercer la crítica. La alfabetización técnica pertenece a este plano, pero solo adquiere eficacia cuando existen documentos, accesos y formatos capaces de transformar la información disponible en comprensión práctica.

En segundo lugar, la dimensión ético-política interroga aquello que una descripción exclusivamente técnica suele colocar entre paréntesis: quién formula el problema, qué objetivo se optimiza, quién obtiene los beneficios, quién soporta los riesgos y qué voces pueden impugnar la decisión. La pluralidad axiológica de Echeverría y la localización de Haraway convergen en este punto sin confundirse. Eficiencia e innovación dejan de funcionar como términos autojustificados, pero no son sustituidos por un catálogo universal de bienes. Lo que se exige es explicitar los conflictos de valores y diseñar formas de participación pertinentes para el objeto, los agentes y las consecuencias de la acción.

Por último, la dimensión reflexivo-institucional pregunta si la corrección puede llegar a producirse: quién tiene autoridad para detener un proceso, cómo circula una objeción, qué incentivos premian la prisa o el silencio y dónde se registran y reparan los efectos. Es reflexiva porque examina también la posición de quien conoce, e institucional porque dicha reflexión requiere tiempo, protección y poder de intervención. Sin estos soportes, la competencia operativa y la sensibilidad ética pueden ser impecables y, sin embargo, políticamente impotentes. Una institución no puede exigir pensamiento crítico si organiza simultáneamente las condiciones de su irrelevancia.

Estas dimensiones se necesitan mutuamente y, en ocasiones, entran en tensión. Una auditoría rigurosa puede ignorar a las personas afectadas; una deliberación inclusiva puede carecer de información sobre el modelo; una política de responsabilidad puede existir únicamente en el organigrama. El espíritu tecnocientífico se realiza en la medida en que esas perspectivas consiguen modificar una acción, no cuando se acumulan como requisitos formales. Su convergencia con la innovación responsable es clara, puesto que anticipación, reflexividad, inclusión y capacidad de respuesta remiten a capacidades semejantes (Stilgoe *et al.*, 2013, p. 1568). La diferencia reside en la justificación: aquí las reconstruimos a partir del problema bachelardiano de la formación y de una unidad praxiológica de análisis.

4. Contribución a los estudios CTS e implicaciones

4.1. Entre descripción y normatividad

La primera aportación a los estudios CTS consiste en construir una unidad intermedia entre las disposiciones personales y la estructura sociotécnica. Si las subjetividades se producen mediante instrumentos, instituciones y discursos, no hay que recuperar un sujeto anterior a la red; pero tampoco es necesario disolverlo en ella. Las personas ocupan posiciones desde las que pueden advertir problemas, traducir objeciones, coordinar acciones y asumir obligaciones, y lo que están en condiciones de hacer depende de accesos, roles y relaciones de autoridad. El espíritu tecnocientífico designa esta capacidad relacional y ofrece, por tanto, una unidad intermedia para investigar cómo un diagnóstico sociomaterial se transforma —o no— en una posibilidad efectiva de formación y corrección.

En segundo lugar, la propuesta hace explícito el paso normativo. Seguir una controversia permite explicar cómo se estabiliza un orden; proponer trazabilidad, participación o capacidad de interrupción exige justificar por qué deben preservarse ciertas posibilidades de revisión. Distinguiremos dos razones. La primera es epistémica: si una afirmación reclama validez más allá de la autoridad de quien la formula, ha de conservar condiciones de contraste. La segunda es pública: cuando una acción distribuye riesgos, recursos o capacidades, quienes reciben sus efectos tienen razones para exigir voz y rendición de cuentas. Estas razones pueden entrar en conflicto y no resuelven por anticipado cada caso, pero al hacerlas visibles la normatividad deja de operar como un supuesto clandestino.

En tercer lugar, y de manera especialmente relevante para una revista iberoamericana, es preciso regionalizar el problema. Los estudios CTS latinoamericanos han preguntado durante décadas por la dependencia, la utilidad social y los destinatarios del conocimiento. La cuestión formulada por Kreimer (2007, p. 55) —para qué y para quién se producen los estudios sociales de la ciencia— impide encerrar la reflexión dentro del laboratorio. Echeverría (2018, p. 183), al reconstruir el proyecto de León Olivé, insiste en las sociedades de conocimientos, en plural, y en la diversidad cultural. Desde esta perspectiva, formar no consiste únicamente en enseñar a utilizar sistemas avanzados, sino también en reconocer dependencias de plataformas, asimetrías infraestructurales y saberes que una arquitectura técnica puede dejar sin voz.

Esta regionalización responde a la objeción de que nuestro proyecto reeditaría una racionalidad ilustrada universal. La vigilancia no se identifica con una cultura científica única ni presupone que toda solución deba incrementar la tecnificación. Trazabilidad, participación y distribución justa solo adquieren contenido en situaciones concretas. Sin embargo, situar no equivale a renunciar a la crítica. Haraway (1988) vincula parcialidad y responsabilidad: cada posición debe responder por aquello que hace visible y por lo que excluye. Nuestra propuesta traduce dicha obligación en procedimientos revisables y extiende la revisión a sus propios criterios. Una razón situada no sabe todo y, por ello precisamente, ha de exponer desde dónde juzga y qué consecuencias produce su juicio.

También hay que considerar la objeción inversa: introducir normas podría traicionar la sensibilidad descriptiva de los estudios CTS. Sin embargo, seleccionar un problema, construir un dispositivo de observación o intervenir en una institución ya incorpora valoraciones. Explicitarlas no las vuelve inmunes, sino discutibles. El marco formula hipótesis sobre capacidades y arreglos cuyo destino ha de quedar en manos del trabajo empírico. Una exigencia de transparencia puede aumentar la carga laboral sin mejorar

la comprensión, y una matriz formal de responsabilidades puede silenciar formas informales de cuidado. Tales resultados no serían excepciones molestas, sino razones para aplicar a nuestra propuesta la misma filosofía del no que ella reclama para la tecnociencia.

4.2. Formación e instituciones

Traducir el concepto a la formación exige algo más que añadir una lista de competencias digitales, puesto que cada obstáculo requiere una secuencia de acciones. Ante la opacidad habrá que seguir un dato desde su obtención hasta la decisión y documentar lo que no se sabe; ante la evidencia sintética, variar supuestos, comparar representaciones y buscar casos límite; ante la compresión temporal, justificar una pausa y precisar qué verificación falta; ante la responsabilidad distribuida, cartografiar roles, autoridad y reparación. Formar consiste, por tanto, en organizar situaciones donde una mediación pueda reconstruirse y modificarse. Las cautelas generales tienen poca eficacia si nunca se aprende qué hacer cuando el resultado ya aparece en la pantalla y el plazo está a punto de vencer.

Los destinatarios de esta formación no son únicamente quienes programan o investigan. El personal docente, los comunicadores, los responsables públicos y las personas afectadas necesitan grados diferentes de comprensión y acceso, conforme a la posición que ocupan y a su capacidad para intervenir. No cabe exigir a cada ciudadano que audite un modelo complejo, pero sí que existan intermediarios fiables, formatos adecuados de explicación y canales de impugnación con consecuencias. Si la alfabetización se convierte en una tarea privada del individuo, el obstáculo reaparece bajo forma educativa: se reclama lucidez sin distribuir los medios materiales e institucionales que hacen posible ejercerla.

En las instituciones de investigación, estas prácticas se convierten en problemas de diseño organizativo. La trazabilidad requiere tiempo reconocido, documentación y repositorios sostenidos; el contraste, recursos para revisar y replicar; la soberanía temporal, indicadores que no premien exclusivamente la cantidad y la rapidez; la corresponsabilidad, autoridad y vías explícitas de recurso. Smaldino y McElreath (2016) muestran que un entorno competitivo puede seleccionar prácticas de baja calidad, aunque cada agente se adapte racionalmente a sus incentivos. La enseñanza de virtudes individuales no corrige una organización que penaliza a quien documenta, repite, objeta o detiene; bajo esas condiciones, la prudencia puede transformarse en una desventaja profesional.

La innovación responsable ofrece una posible articulación institucional mediante anticipación, inclusión, reflexividad y capacidad de respuesta (Stilgoe *et al.*, 2013). Sin embargo, dichos términos pueden ritualizarse. Imaginar escenarios sin poder modificar el proyecto, invitar a participar cuando las decisiones ya han sido tomadas o publicar documentos que nadie está en condiciones de utilizar no altera un sistema de acciones. Cabe formular una prueba sencilla, aunque exigente: ¿una objeción pertinente podría cambiar los objetivos, el diseño o el despliegue? Si la respuesta es negativa, la reflexividad se ha convertido en una escenografía de legitimación y la organización conserva intacta su distribución de poder.

En el tercer entorno, la formación adquiere asimismo una dimensión infraestructural. Plataformas, estándares y proveedores pueden estar fuera de la institución que utiliza sus resultados; por ello la trazabilidad ha de incluir esas dependencias y un contrato no puede sustituir la responsabilidad epistémica. El problema puede intensificarse en

contextos periféricos, donde la adopción de un sistema importado puede separar la capacidad de uso de la capacidad de modificación. Surge entonces una pregunta por la autonomía situada: qué componentes deben comprenderse, gobernarse o desarrollarse localmente para que la rectificación siga siendo una posibilidad efectiva. Sin esta condición, la soberanía del usuario se parece demasiado a un permiso concedido por la interfaz.

4.3. Límites y agenda empírica

La propuesta tiene límites que no deben relegarse a una cláusula final de modestia. El primero se refiere al *corpus*: una selección filosófica y CTS deliberadamente estrecha deja fuera otras genealogías de Bachelard y de la tecnociencia. El segundo afecta al nivel de abstracción: los cuatro tipos se sitúan a media distancia y solo mostrarán su utilidad cuando sean operacionalizados en disciplinas concretas. La opacidad de un modelo climático, un sistema de apoyo clínico y una plataforma educativa puede responder a un mecanismo común y, sin embargo, diferir radicalmente en estándares, agentes y consecuencias. Una tipología que borrara estas diferencias habría perdido la regionalidad que pretende defender.

El tercer límite es geopolítico. Buena parte de los ejemplos procede de literatura internacional y de entornos con elevada capacidad infraestructural, mientras que una agenda iberoamericana ha de analizar cómo cambian los obstáculos bajo condiciones de dependencia tecnológica, desigualdad de acceso, lenguas minoritarias y marcos regulatorios distintos. La falta de datos o de personal puede generar opacidad mediante mecanismos diferentes del secreto corporativo; incluso una norma razonable de documentación puede imponer costes desproporcionados a equipos pequeños. Si se ignora esta distribución, una desigualdad institucional reaparecerá descrita como deficiencia individual, reproduciendo el problema que el concepto pretendía evitar.

El cuarto límite afecta a la palabra elegida. “Espíritu” mantiene un riesgo de psicologización que la definición relacional no elimina por decreto y que solo podrá controlarse observando conjuntamente disposiciones, artefactos e instituciones. Un cuestionario sobre actitudes críticas sería claramente insuficiente. Harán falta etnografías de equipos, análisis de incidentes, estudios de documentación, seguimientos de controversias y comparaciones entre formas de gobierno. Si la investigación termina midiendo otra vez a individuos aislados, el concepto habrá regresado al mismo lugar del que intentaba salir, por mucho vocabulario sociotécnico que acompañe a la medición.

La agenda empírica puede comenzar con preguntas concretas. ¿Qué opacidades reconocen personas situadas en roles distintos y cuáles permanecen invisibles? ¿Qué trazas se conservan y cuáles resultan utilizables durante una controversia? ¿Cómo modifican las métricas y los plazos la posibilidad de detener una inferencia? ¿Dónde quedan la autoridad y la reparación cuando falla una decisión automatizada? Responderlas exige comparar laboratorios, universidades y agencias públicas sin tratar las diferencias regionales como ruido, puesto que forman parte del sistema de acciones. Un mismo procedimiento puede funcionar como vigilancia efectiva en una organización y como carga vacía en otra que carece de personal, financiación o poder contractual.

Una primera operacionalización combinaría análisis documental, observación y entrevistas. Para estudiar la opacidad se examinarían registros de procedencia, versiones y límites de uso, pero también quién consigue utilizarlos; en relación con la evidencia sintética se seguirían las pruebas de sensibilidad, los desacuerdos y las

alternativas que llegan al informe final; para la compresión temporal se reconstruirían plazos, interrupciones, verificaciones omitidas y costes profesionales de solicitar más tiempo; por último, en la responsabilidad distribuida se compararía el organigrama con la trayectoria de un incidente, identificando quién pudo advertirlo, detenerlo y atender a las personas afectadas. La unidad de comparación no sería la herramienta aislada, sino la configuración herramienta-organización-decisión.

Estos indicadores permitirían distinguir entre obstáculo y capacidad correctiva. Un sistema puede ser técnicamente opaco y estar rodeado de pruebas, límites de uso y recursos que mantienen abierta la revisión; otro puede ofrecer un código sencillo y seguir siendo opaco en sus fines, sus datos o sus relaciones contractuales. Nuestra hipótesis central no afirma que un aumento de información produzca automáticamente mejor conocimiento. Sostiene algo susceptible de contraste: determinadas combinaciones de trazabilidad, poder de intervención y pluralidad de perspectivas incrementan la posibilidad de detectar y corregir fallos. Cuáles son esas combinaciones y en qué condiciones actúan es, precisamente, lo que la investigación empírica deberá determinar.

También serán necesarios casos negativos, puesto que un marco que solo encontrara confirmaciones habría dejado de ser bachelardiano. Si una práctica conserva una elevada capacidad de rectificación sin adoptar las medidas propuestas, habrá que revisar el marco; si abrir una cadena genera ruido, vulnera la privacidad o facilita la captura, la trazabilidad deberá limitarse o mediar. Bachelard escribió que “el hombre que tuviera la impresión de no equivocarse nunca se equivocaría siempre” (Bachelard, 2000, p. 283). Esta advertencia alcanza plenamente a nuestra propuesta, cuya coherencia dependerá de que permanezca disponible para corregir sus tipos, sus indicadores y los efectos no previstos de sus propias recomendaciones.

Conclusiones

La investigación partió de una objeción que no convenía resolver demasiado pronto: quizá la epistemología de Bachelard fuera suficientemente plástica y espíritu tecnocientífico una denominación innecesaria. Nuestra respuesta no declara superado el programa bachelardiano; hace lo contrario, puesto que aplica a sus categorías la exigencia de rectificación que ellas mismas formulan. Conservamos la construcción del problema, la ruptura con la inmediatez, el racionalismo aplicado y la vigilancia, pero preguntamos qué deben llegar a ser cuando el conocimiento se produce mediante cadenas computacionales, conflictos de valores y organizaciones donde detectar, decidir y corregir corresponden a posiciones diferentes. En este caso, la continuidad no excluye la reconstrucción, sino que la hace necesaria.

En primer lugar, el aporte diagnóstico reside en las tres costuras identificadas. El obstáculo puede inscribirse en un ensamblaje y persistir sin adhesión consciente; el instrumento puede incorporar capas cuya inteligibilidad se distribuye; la capacidad de corregir puede quedar separada de quien ejecuta o detecta. Cambian, por tanto, el blanco, la escala y la responsabilidad de la vigilancia, aunque se conserva una estructura bachelardiana: una mediación productiva se endurece hasta dejar de admitir revisión. No hemos postulado una ruptura total entre ciencia y tecnociencia, sino precisado las condiciones bajo las cuales el programa del espíritu científico ha de prolongarse más allá de la conciencia individual.

En segundo lugar, sobre dicho diagnóstico se asienta el aporte conceptual. Espíritu tecnocientífico designa una disposición personal, colectiva e institucional para identificar, reconstruir, rectificar y responder por mediaciones técnicas y axiológicas. Su novedad no consiste en añadir una facultad a un sujeto previamente constituido, sino en articular trazabilidad sociotécnica, evaluación de valores y gobierno de la corrección. Tampoco significa conformidad con el régimen de innovación. Allí donde una acción transforma situaciones, la vigilancia puede exigir modificar el objetivo, redistribuir autoridad o decidir que una tecnología no debe desplegarse. La dimensión crítica del concepto depende, por tanto, de que conserve esta posibilidad negativa.

En tercer lugar, el aporte operativo adopta la forma de cuatro tipos: opacidad operativa, evidencia sintética, compresión temporal y responsabilidad distribuida. No son males inherentes al código, la simulación, la velocidad o la especialización, sino puntos en los que una condición productiva borra sus mediaciones y bloquea la revisión. De ellos se derivan cuatro acciones —trazar, contrastar, reservar tiempo y distribuir corresponsabilidad— y tres dimensiones de vigilancia. El concepto adquirirá valor si estas distinciones permiten intervenir en situaciones concretas; lo perderá si se convierten en un vocabulario nuevo para describir, con mayor solemnidad, aquello que ya se conocía.

Para los estudios CTS, la aportación consiste en relacionar descripción sociomaterial y formación normativa sin recuperar un sujeto soberano ni una razón carente de lugar. La normatividad se hace explícita, se regionaliza y se vuelve falible: preserva las condiciones de contraste, pregunta por la distribución de riesgos y admite investigaciones sobre sus propios efectos. En Iberoamérica, su pertinencia dependerá de que incorpore desigualdades infraestructurales, dependencias de plataformas, diversidad cultural y destinatarios del conocimiento. Si omite estas diferencias, el espíritu tecnocientífico quedará reducido a una competencia adaptativa definida desde los centros que controlan las infraestructuras y los criterios de evaluación.

Quedan, finalmente, límites sustantivos. La tipología no es exhaustiva, los ejemplos no demuestran una prevalencia universal y las acciones correctivas tienen costes y pueden generar efectos no deseados. Además, “espíritu” seguirá expuesto a la psicologización mientras no se estudien conjuntamente sujetos, artefactos e instituciones. Nada sería menos bachelardiano que proteger este concepto frente a la crítica que exige de los demás. En *Le rationalisme appliqué*, el racionalismo pertenece al orden del recomienzo (Bachelard, 1986, pp. 122-123), y otro tanto ha de ocurrir aquí: cuando el trabajo histórico o empírico muestre que una distinción ya no permite construir problemas pertinentes, rectificarla no será el fracaso del espíritu tecnocientífico, sino la prueba de que todavía conserva racionalidad.

Bibliografía

Bachelard, Gaston (1986). *Le rationalisme appliqué*. Presses Universitaires de France. Recuperado de: <https://www.puf.com/le-rationalisme-applique-0>.

Bachelard, Gaston (2000). *La formación del espíritu científico: contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo*. México: Siglo XXI Editores. Recuperado de: <https://sigloxxieditores.com.mx/libro/la-formacion-del-espiritu-cientifico-2/>.

Bachelard, Gaston (2003). *La filosofía del no: ensayo de una filosofía del nuevo espíritu científico*. Madrid: Amorrortu. Recuperado de: <https://amorrortueditores.com/product/la-filosofia-del-no/>.

Burrell, Jenna (2016). How the machine “thinks”: Understanding opacity in machine learning algorithms. *Big Data & Society*, 3(1), 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1177/2053951715622512>.

Chimisso, Cristina (2001). *Gaston Bachelard: Critic of science and the imagination*. Routledge. Recuperado de: <https://www.routledge.com/Gaston-Bachelard-Critic-of-Science-and-the-Imagination/Chimisso/p/book/9780415869096>.

Echeverría, Javier (1999). *Los señores del aire: Telépolis y el tercer entorno*. Barcelona: Destino. Recuperado de: <https://books.google.com/books?id=KHEPSwAACAAJ>.

Echeverría, Javier (2003). *La revolución tecnocientífica*. Fondo de Cultura Económica. Recuperado de: <https://books.google.com/books?id=B55NAAAACAAJ>.

Echeverría, Javier (2015). De la filosofía de la ciencia a la filosofía de las tecno-ciencias e innovaciones. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 10(28), 109-119. DOI: <https://doi.org/10.52712/issn.1850-0013-566>.

Echeverría, Javier (2018). Sociedades de conocimientos y valores: el proyecto de León Olivé. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 13(38), 183-203. Recuperado de: <https://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/74>.

Gunning, David, Stefik, Mark, Choi, Jaesik, Miller, Timothy, Stumpf, Simone & Yang, Guang-Zhong (2019). XAI—Explainable artificial intelligence. *Science Robotics*, 4(37), eaay7120. DOI: <https://doi.org/10.1126/scirobotics.aay7120>.

Haraway, Donna (1988). Situated knowledges: The science question in feminism and the privilege of partial perspective. *Feminist Studies*, 14(3), 575–599. DOI: <https://doi.org/10.2307/3178066>.

Humphreys, Paul (2004). *Extending ourselves: Computational science, empiricism, and scientific method*. Oxford: Oxford University Press. DOI: <https://doi.org/10.1093/0195158709.001.0001>.

Jasanoff, Sheila (2003). Technologies of humility: Citizen participation in governing science. *Minerva*, 41(3), 223-244. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1025557512320>.

Knorr Cetina, Karin (1999). *Epistemic cultures: How the sciences make knowledge*. Cambridge: Harvard University Press. Recuperado de: <https://www.hup.harvard.edu/books/9780674258945>.

Kreimer, Pablo (2007). Estudios sociales de la ciencia y la tecnología en América Latina: ¿para qué?, ¿para quién? *Redes*, 13(26), 55–64. Recuperado de: <https://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/524>.

Latour, Bruno (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Cambridge: Harvard University Press. Recuperado de: <https://www.hup.harvard.edu/books/9780674792913>.

Pallitto, Nahuel & di Pasquo, Federico Martín (2017). El espíritu (tecno)científico que convendría evitar y resistir. *Ludus Vitalis*, 25(47), 261–264. Recuperado de: <https://www.ludus-vitalis.org/ojs/index.php/ludus/article/view/745>.

Smaldino, Paul & McElreath, Richard (2016). The natural selection of bad science. *Royal Society Open Science*, 3(9), 160384. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsos.160384>.

Stengers, Isabelle (2019). Otra ciencia es posible: manifiesto por una desaceleración de las ciencias. Barcelona: NED Ediciones. Recuperado de: <https://nedediciones.com/tienda/huellas-y-senales/otra-ciencia-es-posible-2/>.

Stilgoe, Jack, Owen, Richard & Macnaghten, Philip (2013). Developing a framework for responsible innovation. *Research Policy*, 42(9), 1568–1580. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.05.008>.

Winsberg, Eric (2010). *Science in the age of computer simulation*. Chicago: University of Chicago Press. DOI: <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226902050.001.0001>.