

## Capítulo 1

# El impacto social y la apropiación social del conocimiento en la investigación científica y tecnológica\*

---

DOI: <https://doi.org/10.25062/9786287818446.01>

**Martha Hortensia Arana Ercilla**  
**Aldemar Serrano Cuervo**

Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"

**Resumen:** El propósito de este capítulo es presentar preocupaciones, enfoques, situaciones y soluciones relacionadas con la evaluación y valoración de la investigación científico-tecnológica, en particular del impacto social y la apropiación social del conocimiento, como parte de la cultura científica, en estrecha concordancia con la responsabilidad social que debe producir el nuevo conocimiento a la sociedad y la naturaleza, aplicable a todo problema, proceso y resultado de la investigación, innovación, transferencia, cambio y desarrollo tecnológico de un país o contexto, desde las necesidades de los entornos sociales, económicos, políticos y del propio conocimiento de la ciencia y la tecnología y su aprendizaje, para el desarrollo cultural y sostenible del país.

**Palabras clave:** apropiación social del conocimiento; impacto social; evaluación; responsabilidad social.

---

\* Capítulo de libro resultado del proyecto de investigación "Desafíos contemporáneos en la investigación para la Formación y Doctrina en seguridad y defensa de la Escuela Superior de Guerra: Reingeniería VINVE FASE I", del grupo de investigación Centro de Gravedad, de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", categorizado en A1 por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias) y registrado con el código COL2025109461-15. Los puntos de vista y los resultados de este capítulo pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

### Martha Hortensia Arana Ercilla

Estancia Posdoctoral en Educación, Universidad Pedagógica Nacional, Colombia. Doctora Cum Laude en Educación, Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba. Especialista en Gestión de Proyectos y Prospectiva, Universidad de Québec a Hull, Canadá. Economista y magíster en Ciencias Pedagógicas, Universidad de la Habana, Cuba. Asesora de Investigación de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", Colombia.

<https://orcid.org/0000-0002-4851-5279> - Contacto: [martha.arana@esdeg.edu.co](mailto:martha.arana@esdeg.edu.co)

### Aldemar Serrano Cuervo

Coronel del Ejército Nacional de Colombia. Docente e investigador en Estudios Estratégicos de Seguridad y Defensa. Estancia postdoctoral en Pensamiento Complejo, Multiversidad Mundo Real Edgar Morin, México. Doctor en Logística y Gestión de Cadenas de Suministros, Universidad de La Sabana, Colombia. Magíster en Seguridad y Defensa Nacionales, Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", Colombia. Administrador de Empresas, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. Profesional en Ciencias Militares, Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova", Colombia. Vicedirector de Investigación, Jefe del Doctorado en Estudios Estratégicos, Seguridad y Defensa y Jefe del Sello Editorial ESDEG. <https://orcid.org/0000-0003-3344-3177>

Contacto: [aldemar.serrano@esdeg.edu.co](mailto:aldemar.serrano@esdeg.edu.co)

**Citación APA:** Arana-Ercilla, M. H., & Serrano-Cuervo, A. (2026). El impacto social y la apropiación social del conocimiento en la investigación científica y tecnológica. En A. Serrano-Cuervo & D. F. Monroy Anaya (Eds.), *Impacto social y apropiación social del conocimiento en investigación de seguridad y defensa* (pp. 19-72). Sello Editorial ESDEG. <https://doi.org/10.25062/9786287818446.01>

## **IMPACTO SOCIAL Y APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO EN INVESTIGACIÓN DE SEGURIDAD Y DEFENSA**

ISBN impreso: 978-628-7818-43-9

ISBN digital: 978-628-7818-44-6

DOI: <https://doi.org/10.25062/9786287818446>

### **Colección Seguridad y Defensa**

Sello Editorial ESDEG

Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"

Bogotá D.C., Colombia

2026



## Introducción

El lector encontrará un análisis teórico e histórico de la evolución que ha tenido la comprensión de la ciencia como cultura y su relación con la sociedad. Actualmente, esta cuestión es una exigencia para la investigación científico-tecnológica, que pese a ser parte de la epistemología y la ética de los investigadores, aún tiene una ejecución limitada en los proyectos de investigación y sus resultados, como también en la formación de competencias en los investigadores y profesionales. Así lo han constatado los autores desde diferentes estudios realizados sobre las percepciones, opiniones y representaciones de la ciencia y la tecnología.

Este recuento sobre la estrecha relación entre ciencia, tecnología y sociedad busca que los investigadores resignifiquen la ciencia y la tecnología, así como mostrar que hoy los reconocidos conceptos de impacto social (IS) y apropiación social del conocimiento (ASC) son resultado de diferentes paradigmas y enfoques de tendencias filosóficas y metodológicas en constante debate. Para quienes se ocupan de hacer ciencia y tecnología, no cabe duda de que estas tienen una significativa incidencia en la sociedad, tanto por su contribución a la solución de los problemas, como por el avance del conocimiento y la innovación en el desarrollo socioeconómico. De igual forma, la sociedad tiene un efecto en la ciencia y la tecnología, al permitir y apropiarse de sus avances para su beneficio y desarrollo.

En este capítulo, los autores examinan el IS y la ASC en la investigación científica y tecnológica desde dos miradas complementarias: los estudios de ciencia, tecnología y sociedad (CTS) y la complejidad, desde donde se definen los conceptos: *el IS*, referido a las consecuencias y efectos positivos o negativos de la ciencia y la tecnología en la sociedad, y *la ASC*, que concierne al acceso, la utilización y la apropiación del conocimiento generado por la investigación en los actores sociales.

Respecto a la relevancia de este tema, se debe señalar que esta radica en la necesidad de comprender cómo la investigación científico-tecnológica impacta en la sociedad y cómo la sociedad, a su vez, se beneficia y aporta los nuevos problemas que se deben solucionar. De ahí que sea esencial pensar en la manera de garantizar que la ciencia y la tecnología estén al alcance de todos y sea utilizada con responsabilidad social.

Específicamente, se siguió una metodología cualitativa, la cual aplicó una estrategia de investigación documental mediante la técnica de análisis de contenido. de lo consultado desde diferentes autores y, de los informes de dos diagnósticos realizados como caso de estudio, a partir de observar la comprensión y el tratamiento de estos conceptos en los proyectos de investigación, para identificar resultados de IS y de ASC como intencionalidad inicial y final en los procesos de investigación, y posteriormente realizar propuestas metodológicas y de política que se exponen en los siguientes capítulos.

Se aplicó una metodología cualitativa con estrategia de investigación documental y técnica de análisis de contenido. El análisis se realizó sobre fuentes de diversos autores y sobre los informes de dos diagnósticos utilizados como estudio de caso. Específicamente, se observó la comprensión y el tratamiento de estos conceptos en los proyectos de investigación, con el propósito de identificar resultados de IS y de ASC como intencionalidad inicial y final de los procesos de investigación. Con base en estos resultados, posteriormente se formularon propuestas metodológicas y de política que se presentan en los capítulos siguientes.

## Hacia una investigación científico-tecnológica con impacto social

Para cumplir el objetivo de este trabajo, es necesario hacer referencia a la investigación científico-tecnológica en la actualidad, no solo en relación con los desarrollos teóricos que implica, sino también con los requerimientos de la sociedad y de la vida. De ahí su vínculo con la formación de profesionales, las organizaciones, las políticas de desarrollo, los sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación, las redes de conocimiento de alcance nacional e internacional, así como con los grupos de investigación y los investigadores. Desde esta perspectiva, su comprensión debe trascender un enfoque exclusivamente normativo, instrumental o centrado en la medición de resultados, para asumirse como un proceso formativo

orientado a la producción de conocimiento, al aprendizaje cooperativo y al intercambio de saberes, que contribuya a la consolidación de una cultura investigativa y a la transformación.

Para los autores, la cultura científico-tecnológica en los profesionales constituye una preocupación y ocupación permanente. Esta inquietud se evidencia en diversos proyectos de investigación y publicaciones derivados de su actividad como profesores e investigadores universitarios, desarrollados desde un enfoque humanista y de educación en valores. En estos trabajos se destacan propuestas educativas orientadas a fortalecer la cultura de la investigación, dirigidas a superar limitaciones presentes en las universidades que dificultan o frenan la contribución de soluciones a los problemas sociales y de la vida. En este libro, dicha preocupación se proyecta hacia la valoración y evaluación de la investigación científico-tecnológica, su IS y la ASC, mediante la generación de conocimiento teórico, metodológico, técnico e innovador en el campo de las ciencias militares, específicamente en la seguridad y defensa nacionales.

Las motivaciones que llevan a los investigadores a adscribirse a este enfoque se sustentan, en primer lugar, en la equivocada ruptura entre la cultura socio-humanista y la cultura científico-tecnológica en los ámbitos de la educación, la formación profesional y los procesos de investigación. Esta separación, conocida como la noción de las “dos culturas”, se expresa tanto en la desvalorización de las ciencias sociales y las humanidades por parte de algunos sectores como en el menosprecio de las ciencias naturales y tecnológicas por parte de otros. A ello se suman el desconocimiento y la falta de interés frente a los avances científicos y tecnológicos como parte de la cultura, así como las limitaciones en la aceptación de la integración y unidad del conocimiento.

En este contexto, se hace necesaria una formación científico-tecnológica orientada a superar tanto el optimismo ingenuo como el pesimismo acrítico frente a la ciencia, la tecnología y la investigación, y a promover una actitud reflexiva que valore el quehacer científico en función de su IS. Esto implica reconocer la articulación indisoluble entre teoría y práctica y, en consecuencia, la relevancia de la investigación aplicada. En este marco, el enfoque investigativo adoptado busca trascender la separación tradicional entre las denominadas “dos culturas”, al entender la ciencia y la tecnología como productos de la actividad humana y, por ende, como construcciones sociales y culturales.

Por su naturaleza, los estudios CTS reflejan la interacción dinámica entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, poniendo de manifiesto su incidencia en

distintos ámbitos de la vida humana. Asimismo, sustentan una perspectiva renovada que trasciende la concepción tradicional, neutral e intelectualista de la ciencia y la tecnología, para resaltar su carácter social. En este sentido, los Estudios CTS impulsan una comprensión integrada y contextualizada —conocida como “Imagen CTS”—, en la que la ciencia y la tecnología se entienden como fenómenos sociales con una influencia significativa en la teoría y la práctica contemporáneas de la investigación y de la educación científico-tecnológica (Arana, 2018).

Según Arana (2005), los estudios CTS emergen hacia finales de la década de los sesenta como resultado de diversos factores que impulsaron un movimiento que se orientó a comprender la ciencia y la tecnología como fenómenos sociales. Su surgimiento se vincula con la publicación de trabajos de autores como C. P. Snow (1959), L. Mumford (1934), Meadows et al. (1972), E. F. Schumacher (1973) e I. Illich (1974). Estos investigadores plantearon interrogantes críticos sobre los impactos y las repercusiones que la ciencia y la tecnología generan en la sociedad, especialmente en el contexto posterior a los acontecimientos de la Segunda Guerra Mundial, y desarrollaron críticas a la ciencia empirista del neopositivismo y a sus lógicas alejadas de la sociedad. A continuación, se sintetizan los aportes fundamentales de estos referentes para una nueva comprensión de la ciencia y la tecnología en su relación con la sociedad, con el propósito de mostrar cómo, desde distintos enfoques, estos pensadores contribuyeron a un cambio significativo en la imagen de la ciencia y la tecnología.

Entre los antecedentes que deben considerarse se encuentra C. P. Snow (1959), físico y novelista inglés, quien expuso estas ideas en una conferencia que posteriormente publicó como ensayo bajo el título *Dos culturas*. En esta obra plantea la brecha existente entre científicos e intelectuales humanistas, y, por tanto, entre la ciencia y el arte. A partir de este diagnóstico, propone tender puentes entre ambos campos del conocimiento, cuestionando la fragmentación del saber y resaltando la necesidad de promover el diálogo entre disciplinas.

Por su parte, Meadows et al. (1972) constituyen otra referencia relevante para los estudios CTS. Donella Meadows, científica ambiental, académica y escritora, desarrolló una reflexión sobre la relación entre las decisiones tecnológicas y científicas y sus implicaciones sociales, políticas y éticas. Desde un análisis crítico de las tecnologías, su trabajo promueve una visión más reflexiva y responsable sobre el desarrollo tecnológico y su impacto en la sociedad y en la naturaleza. Esta perspectiva se expresa de manera central en su obra *Los límites del crecimiento*, vinculada al debate contemporáneo sobre la sostenibilidad. Por tanto, el principal

aporte de Meadows se centra en el cuestionamiento al crecimiento económico ilimitado, al reconocer la necesidad de adoptar un enfoque sistémico y prospectivo para comprender los límites del desarrollo.

Otro referente importante para los estudios CTS es Lewis Mumford (1934). A través de sus estudios sobre tecnología y civilización, Mumford analizó cómo la tecnología, en sus distintas etapas históricas —eotécnica, paleotécnica y neotécnica—, ha estado profundamente influida por la sociedad. Asimismo, criticó la tecnificación excesiva y la concepción de la tecnología como un fin en sí mismo, y defendió una visión humanista que integre la tecnología en el desarrollo humano. Su obra más conocida es *Técnica y civilización*, en la cual presenta un análisis cultural e histórico del desarrollo tecnológico y de la ética del progreso técnico.

Otro referente teórico e histórico es Ernst Friedrich Schumacher (1973), quien desarrolló el concepto de *tecnología apropiada*, estrechamente vinculado con los estudios CTS. Este enfoque propone tecnologías a pequeña escala, intensivas en trabajo y producidas localmente, adecuadas a las necesidades y condiciones de las comunidades, especialmente en países en desarrollo. Su obra principal, *Lo pequeño es hermoso: un estudio de economía como si la gente importara* (1973), constituye una crítica al gigantismo económico y promueve una economía humana y sostenible, destacando la importancia de las tecnologías intermedias y de una economía centrada en la persona.

Por último, también se reconoce la contribución de Iván Illich (1974), nacido en Viena en 1926, quien introdujo el concepto de desescolarización en su obra *La sociedad desescolarizada*. En este trabajo desarrolla una crítica radical a las instituciones educativas de la sociedad moderna y propone formas alternativas de aprendizaje basadas en redes informales y voluntarias, orientadas a fortalecer la autonomía y la ASC.

Conviene señalar que en las propuestas de estos y otros autores —aunque no siempre mencionados de manera explícita— también influyeron los acelerados procesos de transformación científica y tecnológica asociados a la denominada Tercera Revolución Industrial. Estos cambios dieron lugar a una profunda reconfiguración de las economías nacionales y de sus interrelaciones internacionales en el marco de la globalización económica, lo cual favoreció la consolidación de un nuevo paradigma tecnoeconómico y, en consecuencia, de una renovada concepción del conocimiento, la ciencia y la tecnología, así como de sus interrelaciones, de sus impactos en la sociedad y la naturaleza y de los procesos de investigación e innovación. En este contexto comenzó a reconocerse que la ciencia y la tecnología

constituyen factores endógenos del desarrollo económico, lo cual contribuyó a cuestionar supuestos tradicionales, como la idea de la linealidad y acumulación del progreso científico-tecnológico, la separación entre "ciencia pura" y "ciencia aplicada", y la tendencia a circunscribir el juicio moral únicamente a la aplicación del conocimiento y de la tecnología.

De manera paralela, en el ámbito académico se inició un cuestionamiento crítico de la imagen tradicional de la ciencia y la tecnología, presente en diversas disciplinas, entre ellas la filosofía de la ciencia, la filosofía de la tecnología, la historia de la ciencia y la tecnología, la sociología de la ciencia y la tecnología y la economía de la tecnología. Como resultado, se produjo un giro hacia enfoques de carácter ético, deontológico, cultural e histórico, que incorporan los denominados factores externalistas.

Entre los antecedentes epistemológicos que conducen a los estudios CTS como nueva imagen de la ciencia y la tecnología se encuentra el desarrollo de la filosofía de la ciencia, particularmente a partir de la conformación del Círculo de Viena. Este movimiento intelectual se articuló en torno a la figura de Moritz Schlick (1934), filósofo y físico alemán de origen judío, profesor universitario y fundador del círculo. Schlick fue uno de los principales impulsores del empirismo y del positivismo lógico, y defendió una concepción de la ciencia entendida como una forma de lógica empírica. En este contexto también se debe mencionar el Círculo de Viena, que estuvo conformado por un grupo de filósofos y científicos vinculados a la Universidad de Viena durante las décadas de 1920 y 1930, cuyo objetivo era purificar el lenguaje científico, resaltando la importancia de su claridad y precisión conceptual, así como eliminar las proposiciones consideradas carentes de sentido, especialmente las de carácter metafísico.

Schlick (1934), influido por Ludwig Wittgenstein, Ernst Mach y Max Planck, defendía que la ciencia debía ser objetiva, libre de juicios de valor y basada en la observación empírica. Esta concepción se mantuvo durante varias décadas y llevó a que los criterios de evaluación de la ciencia se fundamentaran principalmente en la verificabilidad, la exactitud empírica, la claridad lógica y el progreso acumulativo del conocimiento. En este marco, la evaluación de la ciencia se concebía como un problema estrictamente epistemológico, más que como un asunto ético o social. En consecuencia, la ciencia no debía evaluarse por su IS o sus implicaciones éticas, sino únicamente por su verdad o rigurosidad científica. El legado de Schlick y del positivismo lógico alimentó además el llamado *modelo lineal de la innovación*, según el cual la ciencia básica conduce a desarrollos tecnológicos que posteriormente generan IS.

Otros autores también contribuyeron a este debate epistemológico. Karl Popper propuso el criterio de *falsación* como principio de demarcación científica y sostuvo que la ciencia avanza mediante conjeturas y refutaciones, lo cual influyó en evaluaciones centradas en la racionalidad crítica. Por su parte, Rudolf Carnap y Hans Reichenbach, también vinculados al Círculo de Viena, defendieron la lógica y el lenguaje formal como núcleo del conocimiento científico.

Específicamente, la perspectiva del empirismo lógico, también denominada *positivismo lógico o neopositivismo*, sostiene que todo conocimiento debe remitirse a la observación para ser reconocido como científico. En este marco, Schlick (1934) afirmó que el significado de una proposición radica en el procedimiento de su verificación, y concibió la ciencia como un sistema de teorías articuladas en un conjunto de enunciados que integran términos teóricos y observacionales interrelacionados. En consecuencia, la ciencia se entiende fundamentalmente como una actividad de carácter teórico, cuyo producto principal es la teoría y cuyo instrumento central es el método científico empírico-racional. Desde esta perspectiva, la evaluación científica se entiende como un problema de carácter epistemológico, centrado en la lógica, la neutralidad y los criterios de verificación o falsación, alejado de las dimensiones sociales.

No obstante, aunque el Círculo de Viena y los estudios CTS tienen orientaciones diferentes respecto a su relación con lo social en la comprensión de la ciencia, se pueden considerar antecedentes necesarios, ya que las CTS surgen y se fortalecen en oposición crítica al positivismo lógico.

Posteriormente, a partir de la década de 1970, autores como Thomas Kuhn (1971) y Bruno Latour (2000), entre otros, cuestionaron el legado positivista por ignorar los factores sociales, políticos y culturales que intervienen en la producción científica, así como por no considerar la participación ciudadana ni los impactos sociales de la ciencia. Estas críticas señalan además que el positivismo reduce la evaluación científica a métricas técnicas, sin valorar aspectos como la pertinencia o la ASC.

La obra de Thomas Kuhn (1971), *La estructura de las revoluciones científicas*, constituye uno de los cuestionamientos más profundos a los postulados del positivismo lógico y es ampliamente reconocida como una reacción académica frente a la concepción clásica de la ciencia. En ella se sostiene que el desarrollo científico no sigue un curso lineal, acumulativo y progresivo, como plantea el empirismo lógico, sino que avanza mediante rupturas o discontinuidades. Para explicar este proceso, Kuhn propone un modelo del cambio científico que incorpora nociones como

“ciencia normal”, “paradigma”, “revolución científica” y “ciencia extraordinaria”. Asimismo, el autor rechaza el enfoque antihistoricista característico del positivismo lógico y enfatiza el papel central de las comunidades científicas como actores del quehacer científico. Aunque no aborda de manera sistemática la problemática de la llamada historia externa —esto es, los factores psicológicos, sociológicos o políticos que influyen en la selección de teorías—, reconoce explícitamente su relevancia para la comprensión integral del proceso científico (Kuhn, 1971). En este sentido, se relativiza el criterio de verdad científica y se abre paso a la idea de que la ciencia se construye históricamente y está sujeta a cambios paradigmáticos.

Así, la obra de Kuhn permite comprender la ciencia como un proceso dinámico, discontinuo y profundamente influido por factores sociales, históricos y culturales. Esta visión es coherente con los estudios CTS y con los enfoques de la complejidad, al mostrar que el conocimiento no es neutro ni lineal y que los cambios en las estructuras de pensamiento resultan esenciales para abordar los desafíos contemporáneos.

A partir de estas divergencias surgen las corrientes de Ciencia, Tecnología y Sociedad, conocidas como Science, Technology and Society (STS), y Science and Technology Studies, desarrolladas principalmente en Estados Unidos y Europa, respectivamente. Aunque ambas perspectivas coinciden en destacar la dimensión social de la ciencia y la tecnología, mientras la primera pone el acento en las consecuencias sociales del desarrollo científico-tecnológico desde un enfoque práctico y evaluativo, la segunda se orienta a analizar cómo los factores sociales actúan como condiciones que influyen en la génesis de dicho desarrollo, adoptando un carácter más teórico y descriptivo (Arana, 2005). En todo caso, ambas tendencias se relacionan y se articulan con el giro epistémico que tiene lugar en la década de 1990, orientado a superar las discrepancias entre las llamadas dos culturas: la científico-tecnológica y la sociohumanística.

Los estudios CTS, enfoque asumido en el presente trabajo, se distinguen por una serie de rasgos fundamentales, entre los cuales se encuentran la reflexividad crítica, la perspectiva interdisciplinaria, la contextualización, la multidimensionalidad y la promoción de la educación y la participación ciudadana. En cuanto a sus principales líneas de análisis, estas parten del reconocimiento de la ciencia y la tecnología como prácticas sociales, en cuanto se desarrollan en el marco de la actividad humana. Asimismo, se conciben como fenómenos dotados de un profundo significado social, dado que influyen de manera transversal en la vida social y cultural de los contextos en los que se inscriben y, al mismo tiempo, son condicionadas por dichos contextos.

Desde esta perspectiva, la ciencia y la tecnología se entienden como el resultado de procesos de creación colectiva, que tienen lugar en diversas organizaciones sociales, tales como instituciones públicas, empresas, universidades y grupos de investigación, entre otras. Además, se reconoce que poseen una dimensión ideológica y axiológica y que, por sí mismas, no garantizan el desarrollo, razón por la cual deben orientarse mediante propósitos explícitos y someterse a mecanismos de control social.

De este modo, uno de los propósitos centrales de los estudios en CTS es impulsar una comprensión renovada de la ciencia y la tecnología, concibiéndolas como fenómenos sociales. Esta perspectiva, conocida como *Imagen CTS* o *Imagen Integrada*, contrasta con la concepción tradicional que históricamente ha predominado en el pensamiento científico-tecnológico. A continuación, la tabla 1 presenta una comparación entre ambas visiones, atendiendo a sus principales rasgos distintivos.

**Tabla 1.** Comparación entre la imagen Integrada (CTS) y la imagen tradicional de la ciencia y la tecnología.

Rasgos de la imagen tradicional de la ciencia	Rasgos de la imagen CTS de la ciencia
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdad absoluta y verificable.</li> <li>• Como explicativa.</li> <li>• Representación objetiva de la realidad.</li> <li>• Neutral y acrítica.</li> <li>• Expresión de la racionalidad teórica.</li> <li>• Conocimientos disciplinarios.</li> <li>• Método experimental y cuantitativo.</li> <li>• Conocimientos acumulativos y lineales.</li> <li>• No hay relación entre hecho y valor.</li> <li>• El sujeto separado del objeto.</li> <li>• La lógica vale en todo, se excluyen las emociones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividad, proceso y resultado.</li> <li>• Como aproximaciones sucesivas a la verdad.</li> <li>• Explicativa e interpretativa.</li> <li>• Representación objetiva y subjetiva de la realidad.</li> <li>• Naturaleza social.</li> <li>• Expresión de la racionalidad teórica y práctica.</li> <li>• Conocimientos interdisciplinarios y transdisciplinarios.</li> <li>• Método de investigación.</li> <li>• Hecho y valor son inseparables.</li> <li>• La naturaleza se revela en nuestras relaciones con ella y los fenómenos son conocidos en su contexto.</li> <li>• Las emociones tienen sus algoritmos precisos.</li> </ul>
Rasgos de la imagen tradicional de la tecnología	Rasgos de la imagen CTS de la tecnología
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificada como ciencia aplicada, es un conocimiento práctico que se deriva de la ciencia como teoría.</li> <li>• Como artefacto o instrumento, es un conjunto de herramientas y aparatos eficaces.</li> <li>• Expresión de una racionalidad práctica.</li> <li>• Sus usos son objetos de debate social desde la responsabilidad social.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La tecnología como proceso social.</li> <li>• Expresa nexos con la ciencia, la moral, la política, la economía, etc.</li> <li>• Coadyuva a la capacidad valorativa y a la actuación con responsabilidad social en el ejercicio de la profesión.</li> <li>• Estrecha relación entre ciencia y tecnología: tecnociencia.</li> </ul>

Fuente. Arana M. (2005)

Así pues,

los estudios CTS son expresión de la dinámica e interactividad de la ciencia, la tecnología y la sociedad. Estos estudios buscan revelar a la ciencia y a la tecnología en todos los aspectos de la vida, demostrando la interdependencia de la totalidad del pensamiento humano. Los estudios CTS fundamentan una nueva visión de la ciencia y la tecnología en contraposición a la tradicional, intelectualista y neutral que existe de esta actividad social, destacando la naturaleza social y cultural de la ciencia y la tecnología como creaciones humanas. (Arana, 2005, p. 307)

Un referente temprano para la interpretación de la ciencia como fenómeno de carácter social se encuentra en los planteamientos de John Bernal (1961), quien la concibió desde múltiples dimensiones: como una institución social, como un método de producción de conocimiento, como una tradición acumulativa de saberes, como un elemento central en el desarrollo y sostenimiento de los procesos productivos y como una de las fuerzas con mayor incidencia en la configuración de las creencias y actitudes del ser humano frente al universo y frente a sí mismo (Arana, 2005).

Al respecto, Bernal señala que la ciencia no ha sido simplemente una aventura intelectual, sino una parte fundamental del desarrollo de las fuerzas productivas, de la guerra, de la industria y del pensamiento social (Bernal, 1961). Desde esta perspectiva, la ciencia no avanza de forma aislada ni neutral, sino que se encuentra condicionada por las relaciones de poder, las necesidades sociales y las condiciones de producción.

Otra referencia del enfoque social de la tecnología se encuentra en los planteamientos de Arnold Pacey (1990), historiador e ingeniero británico que ha trabajado en la intersección entre tecnología, cultura y desarrollo desde un enfoque interdisciplinario y humanista. En su obra *La cultura de la tecnología*, considerada un texto clave dentro de los estudios CTS, el autor propone comprender la tecnología más allá de su dimensión estrictamente técnica, al tiempo que examina sus relaciones con los contextos sociales y culturales.

Para ello, Pacey desarrolla un modelo conceptual de la práctica tecnológica que integra tres dimensiones fundamentales: los valores, los artefactos y las organizaciones. Desde esta perspectiva, la tecnología no se limita a herramientas, técnicas o máquinas, sino que debe entenderse como un fenómeno cultural, atravesado por valores, políticas y relaciones de poder. En consecuencia, su propuesta

rechaza la visión lineal y reduccionista de la tecnología y plantea una comprensión más amplia de su papel en la sociedad.

El análisis desarrollado por A. Pacey (1990), citado en Arana (2005), se sustenta en la premisa de que la tecnología posee un carácter social. Desde esta perspectiva, se plantea que la tecnología surge del examen de problemáticas específicas de la sociedad y de la búsqueda de respuestas orientadas a su resolución. En este proceso se articula la dimensión técnica —que incluye conocimientos, herramientas y capacidades inventivas— con el saber científico, así como con la estructura económica y sociocultural del contexto en el que se inserta. En este entramado intervienen las relaciones sociales e ideológicas, las formas de organización, los modos de producción, el marco cultural y las estructuras de poder, que condicionan y orientan el desarrollo tecnológico. Las ideas de Pacey resultan, por tanto, especialmente valiosas para pensar el IS y la ASC, así como la dimensión ética de la práctica tecnológica.

Los estudios Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) se reconocen también por su estrecha relación epistémica con la teoría de la complejidad, la cual aporta un marco epistemológico que amplía y complementa su comprensión de las dinámicas de los sistemas científicos y tecnológicos en su relación con la sociedad y sus organizaciones, concebidas como entidades complejas e interrelacionadas.

Desde esta perspectiva pueden identificarse varios rasgos fundamentales. En primer lugar, un enfoque integrador, que considera la influencia recíproca entre ciencia, tecnología y sociedad, manifestada en la interacción de sistemas dinámicos y en la aparición de comportamientos emergentes. En segundo lugar, la existencia de interacciones y retroalimentaciones no lineales, lo que implica reconocer que los avances científicos y tecnológicos no dependen únicamente de su desarrollo interno, sino también de las dinámicas sociales, culturales, políticas y económicas que los rodean. Asimismo, este enfoque reconoce la presencia de incertidumbre, emergencia y comportamientos no plenamente predecibles, propios de los sistemas complejos, lo cual exige un análisis de carácter integral que permita comprender los posibles impactos —a menudo imprevistos o contradictorios— que los conocimientos científicos y tecnológicos pueden generar en la sociedad. A ello se suman los procesos de adaptabilidad y coevolución entre ciencia, tecnología y sociedad, así como los desafíos éticos y sociales asociados a la apropiación del conocimiento, especialmente en relación con la responsabilidad social en la solución de los problemas identificados.

Los estudios CTS pueden relacionarse con diversos componentes de la teoría de la complejidad, debido a la naturaleza interconectada, dinámica y evolutiva

tanto de los sistemas sociales como de los sistemas científicos y tecnológicos. Entre los autores más reconocidos en este campo se encuentra Edgar Morin, sociólogo y filósofo francés que desarrolló la epistemología del pensamiento complejo en su obra *El método* (1977-2004). Asimismo, en textos como *Introducción al pensamiento complejo* (1990) y *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro* (1999), el autor propone una perspectiva interdisciplinaria que rechaza la fragmentación del conocimiento y enfatiza la incertidumbre, la no linealidad y la interconexión entre el todo y sus partes.

Por otra parte, Basarab Nicolescu, físico teórico y filósofo rumano-francés, aporta la noción de *complejidad ontológica* y el enfoque de la transdisciplinariedad, desarrollado en su obra *La transdisciplinariedad: Manifiesto* (1996). De igual modo, Ilya Prigogine, químico-físico ruso-belga y premio Nobel de Química en 1977, contribuyó a la comprensión de los sistemas complejos y no deterministas, destacando el carácter emergente de los procesos naturales y sociales en obras como *El fin de las certidumbres* (1996).

En conjunto, estos enfoques proponen la existencia de múltiples niveles de la realidad y promueven una comprensión de la complejidad que incorpora dimensiones sociales, políticas y éticas, en diálogo con la teoría crítica y con los propios estudios CTS.

Respecto a la mirada metodológica basada en los sistemas adaptativos complejos, destaca la contribución de Murray Gell-Mann (1994), físico teórico estadounidense y Premio Nobel de Física en 1969. Entre sus obras más reconocidas se encuentra *El quark y el jaguar: aventuras en lo simple y lo complejo* (1994), en la cual se reconoce la aplicación de herramientas como la teoría de redes, la modelación y el análisis de sistemas dinámicos. Asimismo, estos enfoques han favorecido perspectivas aplicadas e interdisciplinarias en las ciencias sociales, orientadas al estudio de fenómenos como los movimientos sociales, las redes sociales y las dinámicas de poder. De igual modo, han influido en el campo educativo, especialmente en las propuestas de pedagogía compleja, que promueven currículos transdisciplinarios y el desarrollo del pensamiento sistémico.

Así, uno de los rasgos característicos de los sistemas complejos adaptativos consiste en que los componentes de un sistema interactúan entre sí y adaptan sus comportamientos en respuesta a los cambios del entorno, lo que puede dar lugar a comportamientos emergentes. Este rasgo resulta particularmente relevante para los estudios CTS, dado que las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad no siguen patrones lineales y pueden generar efectos inesperados. En

este contexto, los proyectos científicos y tecnológicos se encuentran sujetos a procesos permanentes de adaptación, influidos por factores sociales, políticos y económicos. Asimismo, el enfoque de redes complejas permite reconocer que la ciencia y la tecnología no se desarrollan de manera aislada, sino a través de redes de interacción en las que participan investigadores, instituciones, gobiernos, empresas y diversos actores sociales.

Es así que los estudios CTS pueden utilizar los elementos señalados anteriormente para analizar cómo las redes de colaboración científica, las políticas públicas y la percepción pública de la ciencia y la tecnología configuran un ecosistema complejo, cuyas dinámicas poseen implicaciones sociales y éticas relevantes. En este marco, el componente de emergencia y no linealidad propio del desarrollo de los sistemas complejos permite reconocer que los avances científicos y tecnológicos pueden generar impactos imprevistos en la sociedad. Asimismo, resulta útil para examinar cómo las percepciones sociales sobre una tecnología cambian con el tiempo, influidas por factores sociales, culturales y éticos, lo cual constituye uno de los objetos de investigación de los estudios CTS. De igual modo, la coevolución y adaptación mutua implican que los sistemas científicos, tecnológicos y sociales evolucionan conjuntamente y se influyen entre sí, lo cual resalta que la ciencia y la tecnología no solo se desarrollan en función de las necesidades y demandas sociales, sino que también contribuyen a condicionarlas.

En esta relación ocupa un lugar destacado la reflexividad crítica, que en los estudios CTS busca no solo comprender las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad, sino también promover el análisis de cómo las decisiones científicas y tecnológicas afectan a la sociedad, además de entender cómo esta influye en dichas decisiones a través de las políticas públicas y de los intereses que en ellas se expresan. Estas dinámicas inciden en los impactos sociales y en la apropiación del conocimiento, dentro de las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad, hoy también reconocidas como tecnociencia.

En consecuencia, estas miradas sobre la ciencia, la tecnología y la sociedad desde la teoría de la Complejidad se articulan con los estudios CTS como principios epistémicos y metodológicos para la comprensión de los procesos científicos y tecnológicos, en ámbitos como la investigación, la innovación, la transferencia y el impacto de sus resultados en la sociedad. A partir de esta perspectiva surgen reflexiones sobre la evaluación contextual, la coproducción de conocimiento, la gobernanza científica y la necesidad de incluir actores no científicos en dichos procesos. En este sentido, se plantea que la evaluación de la ciencia y la

tecnología no debe limitarse a la productividad o al impacto económico, sino que también debe considerar criterios como la pertinencia, la apropiación, la equidad y la sostenibilidad.

## Escenario actual de la investigación científico-tecnológica: preocupación y ocupación

Con base en los referentes teóricos abordados en el apartado anterior, este texto centra su objeto de análisis en el campo de las ciencias sociales, no solo porque es afín al perfil profesional y a la labor académica de los autores, sino también porque es en este ámbito donde se manifiestan con mayor nitidez los problemas que a continuación se exponen. Para ello, se parte de las reflexiones críticas realizadas por Alvesson y Paulsen (2017) sobre las limitaciones de la investigación científica y tecnológica actual y su divulgación, fenómeno que denominan *investigaciones sin sentido*. Asimismo, los autores se apoyan en lo que plantea el filósofo español Miguel Ángel Quintanilla respecto a la ciencia, la técnica, la tecnología y su evaluación.

Específicamente, la denominada *investigación sin sentido* se asocia con el extenso número de escritos que en los últimos años se producen y publican, los cuales no siempre aportan nuevos conocimientos al desarrollo social y económico. A ello se suma la repetición de ideas ya expresadas, sin la crítica necesaria ni la creatividad que requiere el avance de la ciencia y la tecnología. Este fenómeno también se expresa en la "monopolización" de proyectos, publicaciones y reconocimientos por parte de grupos de investigadores que aparentan constituir redes de conocimiento, pero que en realidad comparten principalmente la sumatoria del número de productos. A lo anterior se añade el uso de un lenguaje complejo en los escritos, que dificulta su comprensión y limita el avance de la ciencia abierta, por cuanto no motivan ni interesan a otras personas ni comunidades académicas o científicas. De este modo, la investigación se aparta de las posibles soluciones que desde diferentes profesiones podrían ofrecerse a la sociedad y al ambiente natural.

La pérdida de sentido en la investigación académica, planteada en *Return to Meaning* por Mats Alvesson y Roland Paulsen (2017), constituye una crítica al avance de las ciencias sociales y a algunas de sus prácticas investigativas. El texto denuncia cómo muchos estudios, aunque correctamente diseñados desde el punto de vista metodológico, carecen de relevancia intelectual y social. En este contexto se producen investigaciones "vacías de sentido", orientadas más por

incentivos institucionales que por el deseo genuino de comprender o transformar la realidad. Los autores distinguen tres formas de "mala ciencia":

- Investigación sin sentido: cuando el tema o el resultado carece de relevancia o profundidad conceptual.
- Investigación sin contenido: cuando el lenguaje o el aparato teórico es excesivamente complicado y oculta la falta de sustancia.
- Investigación sin audiencia: cuando lo producido no dialoga con ningún público más allá del circuito académico cerrado.

Ante esta situación, Alvesson y Paulsen (2017) proponen un retorno al significado, es decir, a una ciencia que tenga algo que decir sobre el mundo, que se comprometa con los problemas sociales reales y que asuma una actitud reflexiva frente a sus propios límites. Al respecto señalan:

Gran parte de lo que hoy se presenta como ciencia social es conceptualmente débil, metodológicamente repetitivo y socialmente irrelevante. La comunidad investigadora se ha obsesionado con los procedimientos técnicos y la cantidad de producción, en lugar de con la relevancia, la profundidad y la comprensión. (Alvesson & Paulsen, 2017, p. 1)

Uno de los ejemplos más significativos de lo anteriormente señalado es el artículo publicado por el físico estadounidense Alan Sokal, profesor de la Universidad de Nueva York y del University College London. En este trabajo, desarrollado junto con Jean Bricmont, físico teórico belga, se sostuvo la tesis de que la gravedad cuántica era un constructo social, es decir, que existiría únicamente porque la sociedad reconoce su existencia (Sokal & Bricmont, 1999). La intención de ambos físicos fue mostrar, mediante un texto deliberadamente absurdo, escrito en un lenguaje difícil de comprender y carente de argumentos científicos, que un artículo de ese tipo podía ser publicado en una revista de prestigio. Con esto buscaban realizar una crítica a algunos filósofos franceses, como J. Lacan y J. Derrida, así como a otros pensadores posmodernistas. Según esta crítica, dichas corrientes — de amplia difusión en ese momento — promovían la idea de que la relatividad ocupa un lugar central en la interpretación de la realidad, lo cual, desde la perspectiva de los autores, contribuía a cuestionar la ciencia como sistema de conocimientos generalizables.

Al respecto, el reconocido biólogo evolutivo, etólogo, zoólogo y divulgador científico británico de la Universidad de Oxford, Richard Dawkins (2003), en su reseña titulada "Posmodernismo al desnudo", publicada en su libro *El capellán del*

*diablo*, cuestiona la perspectiva del posmodernismo. De acuerdo con Dawkins, este enfoque relativista afecta a la ciencia, a su generalización y a su avance objetivo, así como al método científico, al resaltar la subjetividad, la desconfianza y el escepticismo. En su crítica a esta corriente, expone la necesidad de que haya claridad y precisión en la comunicación científica, lo cual implica eliminar el lenguaje confuso y advertir sobre el riesgo ético asociado a la diferenciación de autoridad en la investigación y en la divulgación científica. Asimismo, sostiene que la academia debe ser democrática, abierta al diálogo, responsable y colaborativa frente a la vida social y natural, de tal manera que erradique la "intimidación y exclusión intelectual" y promueva el amor por el conocimiento.

Lo anterior, criticado por R. Dawkins, muestra una tendencia al deterioro del rigor epistemológico, metodológico y ético de las investigaciones y de sus publicaciones. Esta situación se relaciona con un propósito desvirtuado de los sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación, particularmente en lo que respecta a los indicadores de medición y evaluación, que se orientan fundamentalmente hacia enfoques cuantitativos.

En este contexto, se privilegia la búsqueda de resultados numéricos asociados a indicadores de publicación, proyectos y otros productos que deben evidenciarse, los cuales no siempre responden a las necesidades existentes y, menos aún, consideran el impacto de los resultados de la investigación aplicada, la innovación y la transferencia de conocimiento hacia la sociedad y el medioambiente.

Este conocimiento científico y tecnológico, cuando se encuentra alejado de la responsabilidad social, constituye una preocupación y ocupación para las instituciones de educación superior. Se trata de una problemática que se expresa en los diferentes sistemas de evaluación y categorización de la investigación en organizaciones e instituciones científicas, especialmente en las de educación superior, a través de los grupos y de sus investigadores. En ocasiones —y no pocas— estos actores se congregan en busca del ansiado reconocimiento cuantitativo, lo que no siempre se traduce en nuevos conocimientos. De este modo, la investigación puede convertirse en una competencia por mostrar productos que no cumplen necesariamente el objetivo de identificar y solucionar los problemas reales de la sociedad y de la vida, de tal manera que se pierde el sentido de la investigación como método de solución de problemas en la historia de la ciencia y de su cultura.

Se trata, entonces, de reconocer la esencialidad de la ciencia y de su método —la investigación científico-tecnológica— en la solución de los problemas de la sociedad y de la naturaleza. En este sentido, los investigadores, los grupos y las

redes de investigación interdisciplinarias, además de aspirar a los justos reconocimientos nacionales e internacionales por su labor, deben comprometerse con la responsabilidad social en el avance del conocimiento y en el impacto de este mediante la innovación y el cambio en las regiones, comunidades y organizaciones. Precisamente, la intencionalidad de la investigación en cualquier campo del conocimiento, ya sea de carácter teórico o práctico, debe orientarse hacia este propósito. En última instancia, esta orientación implica reconocer las necesidades sociales y medioambientales más allá del interés individual del investigador, del grupo de investigación o de la institución investigadora. Por ello, resulta ineludible valorar el impacto de la investigación científico-tecnológica.

Es lamentable que la gran mayoría de los humanos no seamos conscientes del significado de la ciencia y la tecnología en nuestras vidas; de la responsabilidad social que tenemos con los conocimientos; del compromiso para que "educación y ciencia para todos" sea una realidad; de cómo la "ciencia debe estar al servicio de todos"; de cómo transmitir mejor a los niños y jóvenes la ciencia en favor del bienestar humano; de cómo promover en los educandos el "amor" por la ciencia y la profesión científica; de cómo evitar la globalización de las ignorancias; de cómo enfrentar a las falsas ciencias y el resurgimiento de los fundamentalismos y totalitarismos religiosos para evitar el riesgo de un nuevo oscurantismo. Algunas personas, ignorantes sobre lo que es la ciencia, pero que sin embargo la utilizan en su vida diaria, de manera absurda expresan que la ciencia es un peligro para la humanidad. Necias palabras de mentes enajenadas que pretenden negar la inteligencia, el espíritu investigativo y creativo de los seres humanos. (Arana, 2005, p. 296)

Otra cuestión señalada por Alvesson y Paulsen (2017) respecto de las ciencias sociales se refiere a los gastos en que se incurre para producir publicaciones "no significantes". Este problema se manifiesta en la superproducción de resultados "sin sentido" y "sin valor para la sociedad", lo cual refleja una falta de utilidad social derivada de la desconexión entre la generación, difusión y aplicación del conocimiento en las ciencias sociales y las necesidades existentes.

La explosión de publicaciones de investigación, que rara vez produce aportes originales, suele centrarse en estados del arte, en aspectos metodológicos, en la competencia académica, en la eficiencia cuantitativa y en la lógica gerencial del conocimiento. Este proceso favorece la proliferación de pautas instrumentales y burocráticas, pero no necesariamente el avance de la cultura de la investigación ni

el impacto previsto y real de sus resultados, los cuales con frecuencia escapan a la evaluación de los sistemas de ciencia, tecnología e innovación.

En este contexto, es posible afirmar que la educación científica y tecnológica debe orientarse hacia la apropiación de una cultura de investigación en el entorno en el cual se desarrolla esta actividad, así como en el campo y objeto del conocimiento correspondiente. En este proceso, la formación epistémica resulta fundamental, al recordar principios básicos como que "sin conocimiento no puede haber conocimiento" y que "sin un posicionamiento científico acerca del conocimiento no hay investigación valdadera ni solución real a los problemas". Desde estos principios, los investigadores deben desarrollar actitudes, valores, intereses y conocimientos científicos y tecnológicos para dar respuesta a las necesidades del entorno (Arana, 2018).

Para ello, como se analizó con anterioridad, se requiere un cambio en las percepciones y representaciones de la ciencia y la tecnología. Ambas deben comprenderse como sistemas de conocimiento estrechamente relacionados, cuya significación para el sujeto se construye a partir de la actividad social, educativa, comunicativa e investigativa; es decir, a partir de la vida misma.

Desde esta perspectiva, la ciencia y la tecnología se integran de manera interdependiente, en una relación de determinación biunívoca derivada del desarrollo creciente del conocimiento, lo cual se denomina tecnociencia. En este marco se destaca el estrecho vínculo entre ambas y sus avances, producidos mediante equipos multidisciplinarios que articulan teoría y práctica, reconociendo la ciencia que se desarrolla con tecnología y la tecnología que se produce con la ciencia, en estrecha relación con la sociedad.

A partir de estas percepciones y representaciones se construyen posicionamientos —perspectivas, enfoques, paradigmas y modelos epistémicos y metodológicos— que orientan la acción investigativa y su gestión. En consecuencia, se requiere pensar la educación desde las Ciencia, Tecnología, Investigación e Innovación (CTS+I+I) y su cultura, de tal forma que se promueva un pensamiento creativo, divergente, crítico y complejo que permita valorar y evaluar los problemas, las soluciones y los impactos en relación con los contextos.

El reduccionismo que pretende explicar el mundo científico considerando la ciencia únicamente como producto, y no como proceso cultural y educativo, puede interpretarse desde el neopositivismo desarrollado en el siglo XX por el Círculo de Viena y por la Escuela de Berlín, corrientes que situaron el lenguaje de la ciencia como su propósito esencial, limitando los vínculos necesarios para comprenderla y gestionarla en relación con la sociedad.

Ahora bien, para educar en competencias investigativas es preciso comprender que investigar va más allá del dominio metodológico y de la búsqueda de resultados medibles. Por ello, resulta inevitable posicionarse en la polémica epistemológica de la ciencia y la tecnología. Desde esta perspectiva, es indispensable asumir valores vinculados tanto al ejercicio profesional como a la responsabilidad social y al cuidado del entorno natural.

De igual forma, el manejo actualizado del conocimiento científico propio del campo —o de los campos disciplinares— en los que se inscribe la investigación constituye un elemento central del proceso investigativo. Asimismo, es fundamental comprender que la metodología de la investigación no es un fin en sí misma, sino un recorrido estratégico que define el cómo, el qué y el para qué de la indagación. En este sentido, la formulación de objetivos exige claridad respecto de las ciencias relacionadas con el objeto de estudio, lo cual implica reconocer que la investigación se inicia desde la ciencia y en función de ella, y se concreta posteriormente en procesos de generalización, aplicación e impacto. En consecuencia, sin una base sólida de conocimientos científicos y profesionales no es posible desarrollar investigación ni generar reflexiones o aportes científicos y tecnológicos con incidencia en la sociedad, el ambiente natural y la vida.

Asimismo, uno de los ejes iniciales para la reflexión en torno a la cultura de la investigación es la necesidad de enseñar no solo a pensar, sino también a formar una cultura integral en la cual la ciencia esté presente en toda su amplitud y actualidad. Esto implica superar la concepción que restringe la ciencia exclusivamente al ámbito de las denominadas "ciencias duras" y a sus prácticas de enseñanza, así como reconocer que dicha cultura investigativa depende, en gran medida, de la concepción científica que se adopte, de su carácter integrador y de su capacidad para fomentar en el estudiante una formación orientada al respeto por la vida humana. En este sentido, comprender la ciencia desde la perspectiva de la "unidad del conocimiento" permite visibilizar su naturaleza social e histórica y situar al sujeto como agente creador y transformador de su propia realidad.

Otro elemento relevante de la cultura investigativa en el ámbito educativo es el reconocimiento del conocimiento científico y tecnológico como un factor central del crecimiento económico y del desarrollo social y cultural sostenible. Por esta razón, la investigación y la innovación se consolidan como ejes de políticas, estrategias y planes de desarrollo, especialmente en el sector educativo, de tal forma que se constituyen en una función esencial de la academia y, en particular, de las universidades como espacios de formación de profesionales y científicos creativos y socialmente responsables.

Si bien las instituciones de educación superior cuentan con una tradición relativamente reciente en investigación, innovación y gestión del conocimiento, se han logrado avances significativos al posicionar estas actividades como funciones sustantivas asociadas a la calidad institucional. No obstante, persiste la necesidad de fortalecer la comprensión de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y naturaleza, así como de superar enfoques dogmáticos sobre el papel de la investigación en la formación de nuevas generaciones y en la producción de conocimiento teórico y tecnológico, como vía para consolidar a la universidad como agente de desarrollo cultural, social y económico.

Por otra parte, se han formulado diversas propuestas sobre los resultados y el impacto que debe generar la investigación en ciencia y tecnología. Entre ellas se destaca lo que plantea Ilies et al. (2010), quienes examinan el papel estratégico de las universidades en la construcción de una sociedad basada en el conocimiento. Los autores sostienen que las universidades deben ir más allá de su función tradicional de docencia e investigación para asumir un papel más activo en la innovación social, en la formación de capital humano y en la articulación entre conocimiento, tecnología y desarrollo económico. Desde esta perspectiva se reconoce, además, cómo la ciencia y la tecnología también modelan la estructura social, política y económica, lo cual remite a la noción de tecnociencia, en la cual la producción de conocimiento se encuentra estrechamente vinculada a intereses económicos y políticos. En este sentido, esta perspectiva se aparta de la visión de Alvesson y Paulsen (2017), pues no hace referencia a los riesgos de instrumentalizar el conocimiento exclusivamente al servicio de la competitividad.

Las universidades no son solo instituciones para la acumulación de conocimiento, sino agentes activos en la producción, difusión y aplicación del conocimiento en la sociedad, desempeñando un papel central en el desarrollo de la economía basada en el conocimiento. (Ilies et al., 2010, p. 556)

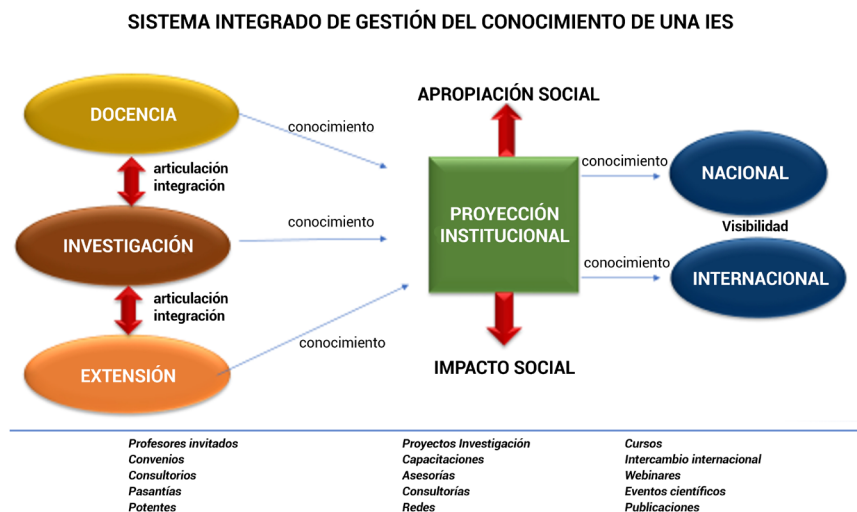
De ahí que comprender el vínculo de la universidad con la sociedad consista en otorgar un nuevo sentido a la investigación orientado hacia la vida en general. Esto implica entender la ciencia no solo como un conjunto de conocimientos teóricos, sino también como una fuerza transformadora y de desarrollo a través de la aplicación del conocimiento. Conceptos como *innovación*, *transferencia* y *gestión de la ciencia y la tecnología* constituyen expresiones de la actividad investigativa. Estos se relacionan no únicamente con saberes teóricos, sino también con procesos sociales que implican cambios en la cultura académica de las instituciones. A continuación, se esquematiza esta interpretación.

Las reflexiones de Alvesson y Paulsen (2017), Ilies et al. (2010) y Gertler (2017) permiten trazar un panorama crítico y propositivo sobre el papel de la investigación científica en la sociedad contemporánea. Aunque desde perspectivas distintas, los tres trabajos coinciden en señalar que la universidad y su actividad investigativa no pueden entenderse aisladas de su entorno ni evaluarse únicamente con criterios de productividad o mérito académico.

Para Alvesson y Paulsen (2017) la ciencia ha perdido sentido al quedar atrapada en la lógica del rendimiento académico, donde el IS se ve desplazado por la cantidad de publicaciones. Por su parte, aunque Ilies et al. (2010), desde una visión más funcionalista, destacan el papel de la universidad en la sociedad del conocimiento, su enfoque, centrado en la productividad y la transferencia, requiere complementarse con una mirada más crítica. Gertler (2017), finalmente, propone un puente entre estas posiciones al reconocer que el impacto de la universidad no depende únicamente de su producción académica, sino también de su inserción contextual en los territorios y redes sociales donde opera.

De este modo se configura una visión compleja y sistémica del conocimiento, en la cual la investigación con IS implica no solo aplicar saberes (figura 1), sino también co-construirlos con actores diversos, en respuesta a realidades locales dinámicas y heterogéneas.

**Figura 1.** Sistema integrado de gestión del conocimiento de una institución de educación superior.



Fuente: Elaboración propia

El análisis de las universidades, a partir de la información presentada, evidencia que la conformación de grupos de investigación y la institucionalización de la actividad investigativa mediante políticas y normativas constituyen un fenómeno relativamente reciente en los países en desarrollo. Este proceso no ha surgido primordialmente de las dinámicas internas de la academia, sino de presiones económicas y sociales externas, así como de la adopción de sistemas que, en muchos casos, resultan ajenos y requieren procesos de adaptación.

En consecuencia, la formalización de la investigación no ha estado impulsada por las lógicas propias de las instituciones educativas, sino en realidad por factores exógenos, como los mecanismos de evaluación de la calidad educativa, las nuevas tendencias epistemológicas y metodológicas de la ciencia y el papel del conocimiento en la competitividad económica y social.

Como resultado, se ha priorizado la medición de resultados en términos de "productos" cuantificables, tales como proyectos, publicaciones, patentes o recursos obtenidos. Sin embargo, estos indicadores no siempre reflejan una cultura investigativa sólida, sino más bien la incorporación de modelos administrativos y conceptos empresariales que pueden desviar la investigación científico-tecnológica de su propósito fundamental: la atención de problemáticas sociales y la evaluación de sus impactos sociales y ambientales.

Con base en lo anterior se infiere la necesidad de una gestión de la investigación que responda a las nuevas concepciones epistémicas de la ciencia, la tecnología y sus relaciones con la sociedad. Asimismo, se colige que la formación de nuevos profesionales creativos, con sólidas capacidades culturales y motivados hacia la generación de conocimiento, debe orientarse al fortalecimiento de una intencionalidad transformadora comprometida con cambios y mejoras socialmente responsables.

En este sentido, las actividades de estudio, investigación, diagnóstico y acción, articuladas mediante planes de gestión de la investigación, contribuyen a profundizar en las causas estructurales de las dificultades que enfrenta la investigación en las instituciones educativas. De este modo, favorecen el desarrollo de una cultura investigativa sólida y fortalecen su capacidad de respuesta frente a los desafíos sociales y ambientales.

La organización de la investigación en la universidad es muy simple: basta con que haya grupos de docentes interesados en estudiar alguna problemática coherente con la orientación de la universidad, que esta les conceda algún apoyo y ellos comiencen a producir resultados. Bien administrado, el proceso forma bola de nieve: los primeros resultados generan reconocimiento y

permiten obtener financiación externa, que conduce a lograr más resultados y a generar cooperaciones con grupos de otras instituciones. (Villaveces, 2005, p. 179)

Aunque la lógica planteada por Villaveces (2005) resulta pertinente, no es suficiente, ya que la construcción de una cultura científica e investigativa no puede limitarse al establecimiento de normas, plataformas o a la medición cuantitativa de la eficiencia y los costos. Dicha cultura constituye, ante todo, un proceso formativo orientado a la producción de conocimiento, a la comprensión del ser humano, la sociedad y la vida, así como al debate epistemológico y metodológico. Implica, además, el desarrollo de actitudes y capacidades para el intercambio crítico de ideas, la expresión argumentada de puntos de vista y la construcción colaborativa del conocimiento. En este marco, la dimensión social y humana de la ciencia no se reduce a su carácter histórico o democrático, sino que se expresa también en la gestión responsable de los procesos investigativos, orientados a generar resultados rigurosos y coherentes, con IS y compromiso con la protección de la naturaleza (Arana, 2016).

Cultivar habilidades investigativas e innovadoras resulta fundamental para el progreso de empresas, regiones y naciones. No obstante, el acelerado ritmo con que los países desarrollados generan nuevo conocimiento representa un desafío considerable para los profesionales de naciones emergentes. Estos deben responder a las demandas específicas de sus entornos locales, regionales y corporativos mediante políticas y estrategias en ciencia y tecnología que generen un IS pertinente.

En otras palabras, el objetivo es evitar dos extremos. Por un lado, adoptar soluciones que simplemente repliquen modelos internacionales que no se ajustan a las necesidades ni a los recursos disponibles localmente. Por otro, garantizar un crecimiento socioeconómico sustentable basado en investigación e innovación contextualmente adecuadas. De esta manera, el conocimiento emergente puede catalizar transformaciones y avances tecnológicos que beneficien efectivamente a las regiones y al país, trascendiendo las discusiones teóricas —aunque necesarias— hacia la implementación práctica.

En este contexto, los debates deben abordar también diferentes modelos de desarrollo tecnológico, como las tecnologías humanas, intermedias, apropiadas, alternativas y sostenibles. Esto permitiría superar perspectivas predominantemente utilitarias y centradas en la eficiencia empresarial competitiva, para considerar la competitividad dentro de un marco más amplio de desarrollo.

Por esta razón, el vínculo entre ciencia, tecnología y sociedad está mediado por la cultura y los valores predominantes. En consecuencia, el progreso científico-tecnológico constituye tanto un fenómeno cultural como un proceso de transformación social, de manera que entender y valorar el entorno social y el medioambiente natural se convierte en un requisito esencial para la investigación científica y la aplicación tecnológica, pues permite atender las demandas más apremiantes mediante respuestas autóctonas y coherentes con la naturaleza y la sociedad.

Por lo tanto, la cultura científico-tecnológica puede examinarse desde múltiples perspectivas. Una de ellas distingue las distintas eras de la civilización, delimitadas por revoluciones tecnológicas. Otra se manifiesta en el ámbito particular de una región o nación, configurando su identidad cultural; es decir, las características distintivas que definen las maneras de hacer, pensar y crear de un territorio y de sus habitantes. Asimismo, puede observarse en la actividad científico-tecnológica desarrollada por estos actores, acompañada de costumbres, vivencias, actitudes y principios que amplían las capacidades humanas y promueven su bienestar.

En este sentido, si consideramos la ciencia y la tecnología como expresiones culturales, sus prácticas deben facilitar la integración y apropiación de sus productos por parte de la sociedad, por cuanto la cultura científico-tecnológica representa la manera en que las personas estructuran y ejecutan la teoría científica y la aplicación tecnológica. Se trata de un proceso que comienza con la asimilación de los logros de prácticas anteriores para generar nuevos saberes, técnicas, estructuras organizativas y sistemas de valores. Esta es, precisamente, la manera como históricamente se despliegan la ciencia y la tecnología en la práctica, lo cual implica seleccionar alternativas para satisfacer las necesidades específicas de cada comunidad, región y nación.

En consecuencia, el objetivo es establecer conexiones entre la cultura científico-tecnológica y la cultura general, la ética, la política, el arte y otras expresiones humanas que impulsan transformaciones sociales, las cuales, a su vez, propician el avance científico-tecnológico. En este marco, la práctica científico-tecnológica constituye una actividad de interacción social, transformación, conocimiento y evaluación de resultados, en la cual el ser humano genera productos materiales y emplea, desarrolla y transforma conocimientos, experiencias, costumbres y valores. Su relevancia social no se limita a su utilidad práctica, sino que radica también en que, mediante esta actividad, se aprende a seleccionar diferentes opciones para resolver problemas, un logro que frecuentemente no se reconoce lo suficiente en los proyectos de investigación e innovación.

En consecuencia, se plantea una concepción distinta de cultura científico-tecnológica aplicable a cualquier proceso de transformación, independientemente del tipo de tecnología, del modelo y de la etapa del proceso de innovación o transferencia tecnológica, así como del grado de desarrollo del contexto, del sector o de los objetivos planteados. A esta concepción la denominaremos *cultura de tecnología apropiada*.

## Ciencia y tecnología apropiada para el desarrollo sustentable y la responsabilidad social

El alcance de la ciencia y la tecnología apropiada está en la sustentabilidad del desarrollo. Esto se debe a que procesos culturales y económicos, como la globalización y el acelerado desarrollo científico-tecnológico, ocasionan profundas transformaciones en las percepciones del mundo y sus valores. Estos cambios orientan la prospectiva y la previsión hacia áreas claves de inversión e innovación globales, lo cual requiere de una cultura innovadora que combine lo global y lo local; lo moderno y lo tradicional; lo competitivo y lo equitativo; así como el pasado, presente y futuro en las soluciones que se proponen.

Por lo tanto, el concepto de desarrollo sostenible representa simultáneamente un paradigma emergente y un ideal del progreso humano. Aunque presenta ciertas limitaciones como marco para el desarrollo a escala global y nacional, plantea reflexiones indispensables sobre modelos alternativos. Esto se debe a que integra, dentro de un mismo sistema económico, diversas dimensiones: el avance económico, la justicia social y la preservación ambiental. Estos elementos abren camino hacia la exploración de nuevas rutas para el desarrollo.

Algunos autores destacan que esta concepción del desarrollo sustentable requiere diferenciar los niveles de alcance de la sustentabilidad, tales como: el individuo, la organización (empresa, institución), la nación (región, comunidad, sector) y las relaciones internacionales (redes, organismos, foros, eventos, entre otros). Todos estos niveles se relacionan con estrategias y políticas cuyo principio fundamental es la educación y el desarrollo de valores que contribuyan a una cultura orientada a formas diferentes de actuar. Entendido así, este desarrollo alternativo, desde un enfoque multilateral, constituye un proceso por alcanzar, pues de lo que se trata es de aprehender una nueva racionalidad del hacer y del vivir. En este sentido, el alcance de la sustentabilidad en el desarrollo tiene como condición

necesaria —aunque no suficiente— la educación y la cultura científico-tecnológica, sin lo cual es imposible trazar estrategias y políticas adecuadas, así como tampoco desarrollar mecanismos de gestión social, independientemente del contexto de que se trate.

En la sociedad, los seres humanos con conciencia actúan movidos por la razón y la motivación. Nada acontece sin una intención consciente ni sin un fin propuesto, el cual depende de las circunstancias, de la educación y de la existencia de políticas claras de ciencia y tecnología. Estas, a partir del contexto y de sus requerimientos, contribuyen a orientar la investigación científico-tecnológica hacia el desarrollo sostenible. Por esta razón, para lograr la relación entre la investigación científico-tecnológica, el desarrollo sostenible de la sociedad y la protección del medioambiente natural, resulte necesaria su evaluación y valoración. Esta puede plantearse a partir de las siguientes interrogantes: ¿cómo lograr la sostenibilidad del desarrollo científico-tecnológico?, ¿cuándo es apropiado el conocimiento científico-tecnológico?, ¿qué tipos de ciencia y tecnologías son apropiadas?, ¿de qué depende que una tecnología sea apropiada a un contexto?, ¿qué conexión existe entre la ciencia, la tecnología y la innovación adecuadas y su impacto en la sociedad y la naturaleza? Cabe señalar que estas preguntas han sido objeto de debate entre investigadores, economistas, sociólogos, ingenieros y la sociedad en general.

Con el propósito de dar algunos puntos de vista que respondan estas interrogaciones, los autores se apoyan en el trabajo del filósofo español Miguel Ángel Quintanilla (2005), catedrático emérito de Lógica y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Salamanca y fundador del Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología, quien analiza el desarrollo tecnológico desde la historia y la cultura española:

El desarrollo tecnológico implica transformaciones culturales profundas, no solo en el sentido estricto de la cultura que incorporamos con los nuevos sistemas técnicos, sino también en el sentido amplio, de las nuevas formas de percibir los propios cambios técnicos, su significado, su necesidad y su orientación. Cuando nos enfrentamos a un proceso de este tipo debemos reconocer su alcance e importancia en toda su amplitud y, no empeñarnos en encerrar la nueva realidad en los mismos viejos moldes de la antigua cultura de nuestro grupo o nuestra empresa. (p.284)

Quintanilla es un autor relevante para los estudios CTS porque establece un puente entre la filosofía de la ciencia y este campo de estudios a partir de la lógica, la epistemología y la filosofía de la ciencia. No obstante, se distancia del modelo

positivista tradicional para incorporar una mirada crítica sobre el papel de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Se destaca, además, por ser uno de los impulsores del enfoque CTS en el ámbito iberoamericano, junto con autores más recientes. En este marco ha promovido la ASC, el control democrático de la ciencia y la tecnología y la alfabetización científica crítica. Para ello propone herramientas orientadas a analizar, planificar y democratizar la ciencia y la tecnología, especialmente en el ámbito de las políticas públicas.

En concreto, Quintanilla (1996) reconoce que "una tecnología (T) es idónea para un grupo social (G) cuyas finalidades, son (F). Si T es opción tecnológica de G en F [...] la idoneidad depende pues de la tecnología, de sus usos posibles y de su adecuación a los fines propuestos" (p. 16). En consecuencia, una tecnología se considera apropiada cuando funciona como una opción viable para alcanzar un propósito específico, cuando se alinea con un objetivo determinado y cuando se ajusta a una solución particular de manera eficiente, efectiva y pertinente, en función de la capacidad de gestión de la sociedad. En este sentido, una tecnología es idónea cuando sus usos se adecuan a los fines valorados en contextos sociales y medioambientales.

En síntesis, las condicionantes para el desarrollo de la ciencia y la tecnología apropiadas son:

- El desarrollo de capacidades científico-tecnológicas autónomas que permitan integrar los avances científicos y técnicos globales con las demandas específicas de la actividad práctica en centros de investigación y desarrollo, organizaciones empresariales e instituciones de educación, entre otros espacios.
- La construcción de un capital científico-tecnológico sustentado en un sistema educativo que proporcione formación profesional con una perspectiva cultural amplia, facilitando prácticas investigativas, tecnológicas y profesionales de carácter multidisciplinario y colaborativo.
- Un modelo socioeconómico que articule estrategias y políticas orientadas hacia el desarrollo sustentable mediante la ciencia y la tecnología.
- La capacidad para administrar socialmente la ciencia, la tecnología, la investigación y los procesos de innovación.
- La integración de diversos modelos de desarrollo tecnológico, como el humanizado, de vanguardia, alternativo, tradicional, adaptado, transferido e intermedio, según las necesidades particulares.

Respecto a los planteamientos sobre ciencia y tecnología apropiada, se identifican los siguientes:

- Enfoque liberador y humanista que genere oportunidades laborales, utilice intensivamente la mano de obra, sea respetuoso con el medioambiente y tenga como característica fundamental su aplicación descentralizada a nivel regional y local.
- Perspectiva adecuada y alternativa orientada a promover el ahorro de recursos financieros, mejorar las condiciones de empleo, evitar la contaminación y cubrir necesidades esenciales.
- Integración de distintas tecnologías que apoyen el logro de metas económicas, sociales y ambientales, considerando los recursos disponibles y las circunstancias de implementación propias de cada nación.
- Orientación hacia la satisfacción de necesidades y expectativas básicas, minimizando los costos sociales y ecológicos.

En función de las alternativas tecnológicas disponibles, de los fines propuestos y de los contextos concretos a los que se responde, es posible que para algunos la ciencia y la tecnología apropiada se relacionen con el incremento del empleo, mientras que para otros se vinculen con la utilización racional de un recurso natural específico. En ello radica su carácter relativo. Así, en la comunidad primitiva los instrumentos de piedra utilizados para obtener fuego cumplían el objetivo de generar la energía necesaria para la vida, del mismo modo que ocurriría hoy si una persona intentara sobrevivir en una isla desierta. En la actualidad también podría afirmarse que la biotecnología y la nanotecnología constituyen tecnologías apropiadas. En este sentido, lo que determina la condición de "apropiada" son las condiciones y necesidades para las cuales se desarrollan dichos conocimientos.

En otras palabras, los criterios para desarrollar ciencia y tecnología apropiada pueden ser diferentes, puesto que parten de objetivos, estrategias y contextos distintos. Por lo tanto, existen diversos tipos:

- Local y de punta, que puede ser incorporada y asimilada.
- De punta transferida e innovada.
- Tradicional y transformada.
- Alternativa, de enfoque localista y de generación de empleo, entre otros criterios pertinentes.

La cultura de la ciencia y la tecnología apropiada expresa un nuevo paradigma en la práctica de la investigación, el cual depende tanto de los conocimientos como de los valores de los actores involucrados en el proceso. Se trata de un estilo de actuación ante el desarrollo y su sustentabilidad —entendida como factor

productivo directo— que contempla no solo el instrumento, la materia prima y los procesos organizativos, sino también los conocimientos, las habilidades y los valores de la comunidad receptora. No se trata de desarrollar tecnologías tradicionales o atrasadas con el argumento de que ahorra recursos, sino de buscar que sea adecuada, pertinente e idónea.

En la siguiente sección se presenta un resumen de fundamentos esenciales que constituyen una visión alternativa de la actividad científica y tecnológica junto con su enfoque innovador:

- Implementación de políticas integradas orientadas a lograr la sustentabilidad del desarrollo en distintos ámbitos: a nivel de nación, organización, cultura y educación.
- Planificación de estrategias que abarquen las tres esferas del desarrollo sustentable: progreso económico, justicia social y preservación ambiental.
- Orientar el avance tecnológico partiendo de la respuesta más adecuada a las conexiones entre ciencia, tecnología, sociedad y desarrollo, adaptándose a las particularidades de cada entorno.
- Integración de la autonomía económica y cultural mediante el impulso de tecnologías tradicionales y locales, junto con la incorporación de tecnologías contemporáneas y avanzadas en áreas de estrategias tanto ofensivas como defensivas.
- Consideración de la innovación tecnológica como componente integral del proceso investigativo, que inicia con la identificación de una problemática y concluye con la transformación socialmente beneficiosa y comercialmente favorable de dicha situación en la realidad, lo cual implica análisis de viabilidad técnica, económica, socioambiental y cultural.
- Administración de la ciencia y la tecnología como impulsora de soluciones apropiadas para asimilar, adaptar y generar conocimientos, lo cual requiere, por tanto, una coordinación efectiva entre los sistemas educativo, investigativo y productivo que facilite la ASC aplicado.
- Identificación de potenciales orígenes de tecnología apropiada tanto en experiencias históricas como actuales, a través del intercambio científico, técnico y cultural, además de la integración y la colaboración económica que facilite el acceso a la información.
- Formación ciudadana, profesional y científica con talento y habilidades para el aprendizaje y la investigación, capaces de seleccionar con simplicidad y sensibilidad tanto los problemas como las soluciones que favorezcan al ser humano y al entorno natural.

## Ciencia con sentido: evaluación del impacto social y la apropiación social del conocimiento en la investigación científico-tecnológica

Otro argumento relevante para comprender el alcance de la apropiabilidad y la sustentabilidad de la ciencia y la tecnología es la valoración y evaluación de su aplicabilidad en función de las necesidades de un contexto específico. La ciencia y la tecnología apropiadas se caracterizan por ser asimilables, sencillas, de bajo costo, prolongables, competitivas y con IS. Al evaluar los resultados de la investigación científica y tecnológica, la valoración previa constituye un elemento definitorio para su generación, implementación, uso y desarrollo. Dicha valoración no debe basarse únicamente en criterios internos o propios, sino también en su relación con el entorno social y natural, lo cual permite una caracterización más completa de la ciencia y la tecnología.

El impacto social de la ciencia y la tecnología es un tema aún en pleno desarrollo. Muchas interrogantes y líneas quedan abiertas. El tratamiento de las fuentes de información para el diseño de los indicadores, sus características, el propio orden lógico en las acciones para diseñar e implementar dichos indicadores, la manera en que los tomarán los consumidores finales, la posibilidad real o no de alcanzar los niveles de objetividad necesarios, los niveles de prioridad con respecto a los campos sociales, la integración de estas dimensiones en el "campo social", entre otros, constituyen cuestionamientos a considerar para el diseño de un sistema de indicadores viable y objetivo con este propósito. (Solís, 2010, par. 7)

La evaluación del IS de la investigación científico-tecnológica ha evolucionado considerablemente desde los años noventa en sus enfoques, modelos y metodologías. Esto se ha asociado a cambios tanto en la comprensión de la ciencia y la tecnología, como en su relación con la sociedad y la vida, pues se han incorporado dimensiones culturales, sociales y de sostenibilidad ambiental; es decir, se ha orientado hacia perspectivas más integrales.

Es importante destacar que existen diferencias y similitudes entre los conceptos de *valoración* y *evaluación*, aspectos que deben tomarse en cuenta al determinar el valor de un resultado. Este valor puede entenderse como el nivel de idoneidad o utilidad, el mérito o el costo, así como la relevancia o el alcance de su efecto. Desde esta perspectiva, valorar implica reconocer el valor inherente de

algo, mientras que evaluar consiste en establecer su valor en relación con un objetivo específico. Sin embargo, ambos procesos se complementan entre sí.

No obstante, durante los años noventa predominó una perspectiva técnica, cuantitativa e instrumental que se manifestó a través de la medición, la economía y la cienciometría, la cual utiliza indicadores bibliométricos, de eficiencia y de productividad para analizar los resultados de la investigación científica. Asimismo, desde el enfoque de los estudios CTS de la Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología (RICYT), se emplearon indicadores sociales no estandarizados, en los cuales prevaleció la evaluación de resultados posteriores a la finalización del proyecto (*ex post*). Los modelos econométricos y experimentales fueron los más aplicados mediante herramientas de control comparativo que utilizaban un grupo de control sin beneficios o contrastaban los resultados previos y posteriores a la intervención.

Este proceso estuvo acompañado por diversos modelos de innovación que evolucionaron según las condiciones económicas: desde la expansión industrial que siguió a la Segunda Guerra Mundial, cuando el desarrollo seguía un proceso lineal y secuencial iniciado en la investigación básica —modelo que prevaleció hasta mediados de los setenta—, hasta el surgimiento posterior de propuestas que planteaban que la innovación no se inicia necesariamente con la investigación y desarrollo (I+D), dado que estas pueden originarse en las demandas del mercado. Lo anterior evidencia que la innovación no siempre sigue un proceso lineal, visión que se aplicó principalmente hasta mediados de los ochenta. Más adelante se introdujo el concepto de “etapas y puertas”, según el cual debe realizarse una evaluación para que el desarrollo innovador avance de una fase a otra. En este marco, sobresale *el modelo de enlaces en cadena o modelo interactivo* propuesto por Steven J. Kline y Nathan Rosenberg (1986), el cual concibió la innovación como un proceso complejo que vincula la investigación científica, la tecnología y la gestión, cuestionando así la simplicidad de los modelos lineales al proponer un enfoque más dinámico y flexible orientado hacia la resolución de problemas sociales.

Este modelo fue adoptado por la OCDE en el informe del Programa de Tecnología/Economía y empleo como marco conceptual en el Manual de Oslo para medir la innovación tecnológica. El informe del TEP señala que finalmente se reconoce que el proceso de innovación se caracteriza por interacciones y efectos bidireccionales. Los modelos interactivos enfatizan las interacciones que conectan la ciencia, la tecnología y la innovación en cada fase del proceso. (Fonseca et al., 2015, s. p.)

De esta manera, el modelo lineal perdió vigencia durante la década de 1990 en los países desarrollados, especialmente en los miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). En este contexto, la atención comenzó a dirigirse hacia la conceptualización y medición de la innovación tecnológica, lo que dio lugar a una tendencia a incorporar los aspectos sociales en la evaluación de impacto y al desarrollo del concepto de IS. Sin embargo, este enfoque continúa enmarcado en la llamada economía basada en el conocimiento, en la cual los impactos considerados suelen ser principalmente económicos, mientras que los impactos sociales no siempre son tenidos en cuenta.

Por su parte, Ronald Kostoff (1995), investigador y académico reconocido por su trabajo en la evaluación de la ciencia y la ingeniería, la gestión del conocimiento y el análisis de políticas científicas y tecnológicas para la toma de decisiones, ha realizado importantes aportes en este campo. Sus investigaciones se centran en el análisis de los resultados científicos con el propósito de identificar tendencias, brechas y oportunidades de innovación. Asimismo, ha contribuido al desarrollo de métodos para evaluar el impacto y la calidad de los trabajos científicos, lo cual permite optimizar los recursos y esfuerzos dentro de la comunidad investigadora. En este sentido, Kostoff (1995) analiza el funcionamiento del método científico y su influencia en la investigación y la innovación.

En este autor se destaca la crítica que hace al enfoque económico predominante en la evaluación de los resultados de la investigación, pues lo considera limitado para comprender el impacto de la investigación en la sociedad y las formas en que el conocimiento es apropiado socialmente para contribuir a la transformación de la calidad de vida. Asimismo, señala que el impacto de la investigación representa la transformación generada en la sociedad como consecuencia de los resultados investigativos, mientras que la efectividad de la investigación constituye una medida del grado en que dicho impacto se orienta hacia los objetivos planteados.

Sin lugar a duda, Kostoff (1995) cuestiona la unilateralidad de la investigación cuando esta se orienta principalmente hacia una innovación limitada a los resultados del desarrollo tecnológico en las organizaciones económicas, descuidando el hecho de que el conocimiento se genera y se desarrolla socialmente. De ahí su apropiabilidad, condición necesaria para que el IS se produzca. Este aspecto de la ciencia y la tecnología apropiada y de su apropiación social se denomina hoy ASC, un enfoque que incorpora indicadores que complementan y resaltan el IS. No obstante, su comprensión y aplicación continúan siendo limitadas.

Posteriormente, a finales de la década de 1990 e inicios del siglo XXI, se produjo una reestructuración económica en numerosos países, asociada al papel

creciente de la ciencia y la tecnología en los cambios económicos y sociales. En este contexto emergieron fenómenos como la denominada *sociedad del conocimiento y de la información* y, simultáneamente, se intensificó la internacionalización global unipolar, resultado también de las contradicciones internas y externas del sistema socialista mundial.

Estas transformaciones propiciaron una nueva comprensión de los factores económicos, en la cual el valor del conocimiento en la productividad del trabajo y en la competitividad adquirió una importancia central, de manera que condujo al reconocimiento del ser humano como promotor fundamental de estos procesos. En este marco surgió un enfoque más inclusivo y participativo en la evaluación de impacto, que incorpora a los actores involucrados en el proceso evaluativo como beneficiarios y participantes del cambio. De esta manera, los miembros de comunidades, territorios, organizaciones e instituciones pasan a integrarse en los procesos de evaluación, ampliando los criterios e indicadores previamente existentes.

Como consecuencia, este enfoque incorporó además la combinación de métodos cualitativos y cuantitativos en los procesos de valoración y evaluación del IS. Para ello se utilizan modelos como la teoría del cambio y la investigación-acción participativa, entre otros, los cuales contribuyen a alinear a los actores involucrados, identificar riesgos y ajustar estrategias en función de los resultados. Asimismo, facilitan la comunicación y la rendición de cuentas, lo cual promueve una visión integradora y participativa orientada a la transformación social.

Como parte del desarrollo conceptual y la práctica de la evaluación de IS en la década de 2010, se despliega un enfoque multidimensional y de sostenibilidad que considera no solo los efectos inmediatos o directos de los proyectos, sino también los llamados efectos secundarios, indirectos y sostenibles a largo plazo. Entre los métodos aplicados destacan la evaluación de impacto en el desarrollo y la evaluación en tiempo real, la cual plantea analizar el impacto no solo al término de la implementación, sino también durante su ejecución, por cuanto esto permite realizar ajustes pertinentes mediante la prospectiva y el análisis de sistemas y redes en proyectos complejos. A estos se suma la evaluación basada en resultados (RBA), centrada en los efectos finales y en el proceso mismo para medir el éxito en el alcance de los objetivos sociales y económicos a largo plazo.

La evaluación del impacto social (EIS) es un proceso que analiza, monitorea y gestiona las consecuencias sociales —sean positivas o negativas, previstas o no— de políticas, planes y proyectos. Entre sus autores principales sobresale Vanclay (2003), quien destaca la importancia de la participación y el debate en el proceso

evaluativo, así como la distinción entre los procesos de cambio social (aquellos desencadenados por un proyecto) y los impactos y apropiaciones del conocimiento (las experiencias concretas de las personas y comunidades). De igual forma, existen otros modelos conceptuales que diferencian entre resultados inmediatos, individuales y sistémicos. De este modo —aun sin ser la intención central de este escrito— es posible observar cómo avanzan las concepciones, los modelos de comprensión del IS y la incorporación integral de diferentes propuestas, las cuales enriquecen la planificación, el seguimiento, la evaluación e intervención del IS en su articulación con la apropiación y transformación social del conocimiento.

En la actualidad, esta evolución ha dado lugar a un enfoque de evaluación integral y multidimensional, orientado a integrar el análisis de los efectos, la sostenibilidad y el contexto de los proyectos, con el propósito de contribuir al desarrollo sostenible y a los objetivos de la Agenda 2030 (Organización de las Naciones Unidas, 2025). Este enfoque se sustenta, además, en la evaluación de impacto ambiental, la cual incorpora los contextos ecológico y social (socioambiental) mediante indicadores multidisciplinarios que permiten determinar las influencias y efectos económicos, sociales y medioambientales. A ello se suma la evaluación predictiva que, con el apoyo de la disponibilidad de big data, permite prever los efectos de las intervenciones de los proyectos antes de su implementación, mediante simulaciones y análisis de redes.

En síntesis, la evaluación de impacto ha evolucionado desde el estricto enfoque técnico y cuantitativo —el cual permanece y resulta necesario— hacia su complementación con perspectivas socioambientales que enfatizan la ASC y la sostenibilidad. En este proceso es importante abordar los problemas a partir de hipótesis y enfoques integrales de solución, lo cual se realiza a través de indicadores científicos, tecnológicos, económicos y sociales. Estos indicadores contribuyen a que la evaluación de la investigación se fundamente en un seguimiento preciso de su ejecución, de tal manera que resulta posible valorar tanto los resultados como su aplicación y apropiación.

Al respecto, un aporte novedoso y fundamental para el estudio del IS lo constituyen las controversias existentes sobre el objeto y el problema de investigación. Estas representan un primer paso para definir los posibles impactos del futuro proyecto, tarea que realizan los expertos a modo de prospectiva mediante la aplicación de sus métodos y técnicas.

Desde la perspectiva de los estudios CTS, el fundamento de las controversias es la indisolubilidad entre ciencia, tecnología y sociedad en los ámbitos

cognoscitivo y valorativo del proyecto propuesto. Por esta razón, la comprensión de la naturaleza social de la ciencia y la tecnología constituye un punto de referencia para reflexionar críticamente sobre el IS a partir de las controversias que surgen en la solución del problema de investigación, las cuales pueden ser de distinto orden y convocan a diversos actores involucrados, como científicos, tecnólogos, políticos, empresarios, agentes sociales y la ciudadanía en general.

Ahora bien, las controversias resultan necesarias para identificar diferentes problemas asociados al desarrollo de la ciencia y la tecnología, ya que surgen a partir de divergencias en los enfoques teóricos, las metodologías y las aplicaciones de los resultados. Estas controversias se relacionan además con las implicaciones sociales y éticas del conocimiento científico y con los límites teóricos del saber en la búsqueda de soluciones a los problemas definidos (Acevedo-Díaz et al., 2017; citado por Osorio, 2019).

Al respecto, Ernan McMullin (1987), filósofo irlandés reconocido por su trabajo en filosofía de la ciencia y por sus estudios sobre las relaciones entre ciencia, cosmología y teología, señala que una controversia científica constituye un debate prolongado sobre un aspecto relevante de la ciencia que carece de una solución sencilla. Este tipo de debate involucra la participación de la comunidad científica y se sustenta en argumentos tanto epistémicos como no epistémicos. En dichas controversias también intervienen factores sociales y humanos, tales como aspectos emocionales, rasgos de personalidad, presiones institucionales o de grupos, influencias políticas, competencias entre naciones e incluso, en algunos casos, situaciones de fraude.

Las controversias sobre la ciencia y la tecnología en los proyectos de investigación son un espejo del IS. Se trata de debates marcados por acuerdos y desacuerdos en torno a las investigaciones realizadas, sus impactos, los nuevos desarrollos o las aplicaciones tecnológicas, a través de los cuales se evidencian las múltiples dimensiones culturales, éticas, económicas y políticas con las que estos conocimientos son llevados a la sociedad. Por un lado, revelan cómo los avances científico-tecnológicos pueden generar beneficios significativos —como mejoras en la salud o en los niveles de empleo—, pero también riesgos o perjuicios, entre los que destacan las desigualdades y los problemas ambientales. Como ejemplo, pueden señalarse los debates públicos y académicos acerca de temas tan variados como la edición genética, la inteligencia artificial, la aplicación de nuevas formas de energía e incluso las políticas educativas y de salud, los cuales muestran cómo la sociedad evalúa, cuestiona y, en ocasiones, demanda regulaciones o cambios de rumbo para mitigar efectos negativos.

Por otro lado, las controversias influyen directamente en la formulación de políticas públicas, en la asignación de recursos y en la confianza hacia la ciencia. Cuando los ciudadanos, científicos y políticos discuten sobre los riesgos y las oportunidades, se genera un proceso de evaluación colectiva que define el camino que se debe seguir. Este proceso permite entender el posible IS no solo como un resultado y su aplicación, sino también como la identificación de una ruta para la investigación dentro de la sociedad.

En resumen, las controversias actúan como canales de comunicación y crítica social que revelan las implicaciones profundas de la ciencia y la tecnología, con lo cual ayudan a modelar y regular su influencia en la vida diaria, en la cultura y en la organización de la sociedad. En este sentido, la evaluación y valoración del posible IS a través de controversias se centra en analizar cómo se generan y se resuelven los desacuerdos en torno a la ciencia y la tecnología, poniendo de relieve las interacciones, interpretaciones y tensiones entre los diferentes actores involucrados. Este enfoque se interesa por el proceso de construcción social del conocimiento, en el cual el debate y la inclusión de diversas voces permiten revelar las dimensiones éticas y culturales que acompañan los avances tecnológicos y los cambios sociales.

Por su parte, la evaluación del IS se orienta a medir de manera sistemática los efectos concretos de la ciencia y la tecnología en la sociedad, para lo cual identifica beneficios y perjuicios en ámbitos como la economía, la salud, el ambiente natural y la calidad de vida, mediante indicadores que permiten evaluar los resultados a lo largo del tiempo en su generalización y aplicación.

En síntesis, la evaluación por controversias explora el cómo y el porqué de las interpretaciones y tensiones en la práctica científica y tecnológica, especialmente en las etapas iniciales de definición y diseño de los proyectos, mediante la participación de expertos y actores relacionados con sus posibles incidencias. En contraste, la evaluación del IS se centra en identificar qué efectos tienen estos avances en la vida de las personas. Sin embargo, ambas aproximaciones se complementan, ya que el análisis de las controversias enriquece la interpretación de los indicadores de impacto y estos, a su vez, aportan datos concretos para fundamentar lo ocurrido en la práctica y corroborar o no los debates.

Por consiguiente, las controversias tecnocientíficas contribuyen a la educación científico-tecnológica de investigadores y profesionales al favorecer la toma de decisiones acordes con la responsabilidad social. Asimismo, aportan a la educación ciudadana mediante procesos de alfabetización en ciencia y tecnología que promueven la transformación social en territorios y organizaciones participantes.

En este sentido, constituyen una forma de metaconocimiento que se reconoce desde la identificación de necesidades hasta las posibles contribuciones de la ciencia a la cultura, la sociedad y la naturaleza, en el marco del principio de una ciencia abierta y democrática.

La resolución de estas controversias puede darse por diferentes vías, las cuales permiten asumir una mirada reflexiva y crítica sobre los proyectos científicos o tecnológicos. Entre estas vías se encuentran el consenso entre los actores en conflicto, la negociación de aspectos epistémicos y extraepistémicos, la incorporación de nuevos argumentos, las decisiones judiciales, el abandono de la controversia o la redefinición del problema de investigación, innovación o desarrollo tecnológico. Todas estas formas de resolución forman parte de la dinámica propia de la ciencia, de su desarrollo y de su aplicación, de tal manera que muestran el conflicto como un elemento inherente al proceso científico (Osorio, 2019).

Ambos tipos de evaluación pueden integrarse en un proceso de investigación científico-tecnológica mediante un enfoque mixto que combine métodos cuantitativos y cualitativos. Por ejemplo, podría comenzarse con un mapeo participativo de actores y un análisis de controversias con el fin de identificar y comprender las tensiones, los valores y los debates que surgen en torno a la innovación. Esta fase cualitativa permite contextualizar y explicar dimensiones éticas, culturales y políticas que no siempre se capturan mediante indicadores cuantitativos.

De acuerdo con Torres González y C. López Echagüe (2022), durante aproximadamente dos décadas de publicación de la *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad* se han documentado únicamente quince artículos vinculados a controversias científico-tecnológicas. La totalidad de estos trabajos corresponde a controversias de carácter público, sin que se hayan identificado estudios sobre controversias científicas en sentido estricto. La mayor parte de estas publicaciones aborda discusiones relacionadas con procesos de decisión en asuntos normativos, lo cual subraya la importancia de integrar este método de valoración y evaluación en los proyectos de investigación, considerando las diversas tipologías de controversias.

Paralelamente a los debates, se diseñan y aplican indicadores de IS que permiten medir de forma objetiva los efectos de la ciencia y la tecnología en ámbitos como la salud, la economía, el medioambiente, la seguridad y defensa y la calidad de vida. Al integrar los hallazgos provenientes del análisis de controversias con los datos cuantitativos, se obtiene una visión más completa: los debates y tensiones aportan una interpretación enriquecida de los impactos medibles, mientras que los datos objetivos retroalimentan y validan las discusiones participativas.

Este proceso integrado permite ajustar políticas y estrategias de innovación, con lo cual se asegura que la evaluación no solo se centre en los resultados tangibles, sino también en la manera en que los cambios se generan, se perciben y se negocian en la sociedad. Pese a que el término *sustentable* surge como valoración, en la actualidad se asocia a evaluación de *inputs*. De este modo,

el procedimiento para realizar una evaluación de tecnologías consiste en las siguientes fases: (i) Definir la labor de evaluación. (ii) Describir los aspectos tecnológicos relevantes, incluyendo una previsión de los posibles desarrollos futuros. (iii) Estudiar los factores no tecnológicos que probablemente influirán en el desarrollo de la tecnología. (iv) Identificar las áreas de impacto (económicas, políticas, institucionales, sociales, tecnológicas, legales y ambientales). (v) Llevar a cabo un análisis de efectos o impactos de carácter preliminar. (vi) Identificar posibles alternativas de acción. (vii) Llevar a cabo un análisis completo del impacto [volver sobre el paso (v) a la luz de los resultados del paso (vi)]. (Jones, 1971; citado en Luján & Moreno, 1996, p. 137)

De esta manera, para llevar a cabo una evaluación es necesario dominar el proceso de valoración. Esto implica describir el objeto que será valorado, definir los parámetros de valoración —es decir, los valores o características relevantes—, confrontar el objeto con los parámetros previamente establecidos y cuestionar los planteamientos iniciales del objeto que se somete a análisis crítico.

Entendida de este modo, la evaluación incorpora la habilidad de valorar y no puede centrarse únicamente en los resultados, sino que debe profundizar en el análisis del objeto evaluado en su naturaleza fundamental. La valoración representa una apreciación que se realiza antes de la implementación de un proyecto o programa, mientras que la evaluación se concentra principalmente en examinar los efectos y los resultados (Luján & Moreno, 1996).

Desde esta perspectiva, un concepto amplio de evaluación de la ciencia y la tecnología incluye la valoración desde la generación de la idea hasta su implementación y uso. Precisamente, en este trabajo se adopta este concepto amplio de evaluación de los conocimientos científicos y tecnológicos, entendido como un proceso que abarca la valoración previa a su generación, el seguimiento durante su ejecución, la obtención de resultados y las consecuencias derivadas de su aplicación y uso.

Otro aspecto importante que se debe considerar es el planteado por M. A. Quintanilla (1989), quien identifica dos perspectivas sobre la evaluación de ciencias y tecnologías: la reactiva y la activa o constructiva. El enfoque reactivo, que

predominó durante los años setenta, se orienta hacia la prevención de las consecuencias e impactos que los cambios tecnológicos generan en la sociedad y el entorno natural. Por su parte, el enfoque activo y constructivo, desarrollado con mayor profundidad en el Congreso de Ámsterdam en 1997 (Parlamento Europeo, 1997), plantea que la evaluación tecnológica debe poseer un alcance más extenso, incorporando la dimensión social a lo largo de todo el proceso innovador, desde la concepción de la idea inicial hasta su comercialización y aplicación práctica, proceso que involucra necesariamente a la investigación científica.

Este cambio se refiere a la evaluación *ex ante*, durante y *ex post* relacionada con su generalización y aplicación, denominada también evaluación continua, la cual permite identificar las razones de éxito o fracaso con el fin de tenerlas en cuenta posteriormente en los nuevos proyectos o en su continuidad. La evaluación continua tiende a considerar diferentes tipos de evaluación posibles de manera sistémica durante el proceso de investigación y cambio tecnológico, abarcando las dimensiones interna-externa, intermedia-final o *ex post*, y cuantitativa-cualitativa.

La evaluación interna se asocia a criterios científico-tecnológicos y acompaña los estudios de factibilidad en aspectos como la eficiencia y la fiabilidad, entre otros elementos vinculados al desarrollo de la ciencia y la tecnología. La evaluación externa, por su parte, se refiere a los criterios de valoración en relación con el entorno. Al respecto, es importante tener en cuenta que un proyecto tecnológico "puede ser factible, sumamente eficiente, efectivo y fiable y, sin embargo, no ser interesante para ningún grupo humano (por ser muy costoso, poco útil, excesivamente perturbador de la estructura social o del entorno natural, demasiado arriesgado e inmoral)" (Quintanilla, 1989, p. 111).

Por otra parte, la evaluación externa se divide en dos tipos: idoneidad y consecuencias o impactos. La evaluación de idoneidad se refiere al análisis de las diferentes alternativas tecnológicas y a la selección de la opción más adecuada a las finalidades del proyecto propuesto. En este proceso intervienen criterios como la eficiencia, la seguridad y la valoración de finalidades y objetivos, en relación con indicadores del entorno social y ambiental. La evaluación de consecuencias o impactos se orienta al análisis de la aplicación y el uso de la tecnología en entornos específicos; así, los resultados se someten a estudios de impacto ambiental, riesgo e IS.

En cierto modo se puede decir que todas las tecnologías tienen consecuencias sociales irreversibles y lo que hay que evaluar en este caso, más que el interés inmediato de la aplicación de una tecnología, es la dirección y el tipo de cambio social que puede generarse a partir de su introducción y difusión. (Quintanilla, 1989, p. 120)

Por su parte, la evaluación intermedia es aquella que permite determinar las desviaciones en el curso de acción del proyecto mediante el seguimiento de los indicadores y criterios establecidos, identificando los puntos críticos que orientan la toma de decisiones y posibilitan la introducción de los ajustes requeridos. De este modo, la evaluación final permite definir los alcances del proyecto. A diferencia de esta, la evaluación de impactos determina los cambios que se producen como resultado del proyecto, así como la ASC derivada de la intervención y participación de los actores implicados.

Los diferentes criterios de evaluación son la pertinencia o justificación, la eficacia, la eficiencia y los efectos e impactos. La pertinencia se refiere a determinar en qué medida los componentes del proyecto son internamente consistentes y coherentes para contribuir a los objetivos y finalidades propuestos, mientras que la eficacia mide hasta qué punto se han alcanzado los resultados previstos. Por su parte, la eficiencia permite determinar la racionalidad y optimización de los recursos utilizados, así como la gestión de su administración respecto a los insumos, las actividades y los resultados obtenidos; finalmente, el efecto e impacto determina las consecuencias previstas e imprevistas, valorando el cumplimiento del objetivo y la finalidad en un contexto determinado.

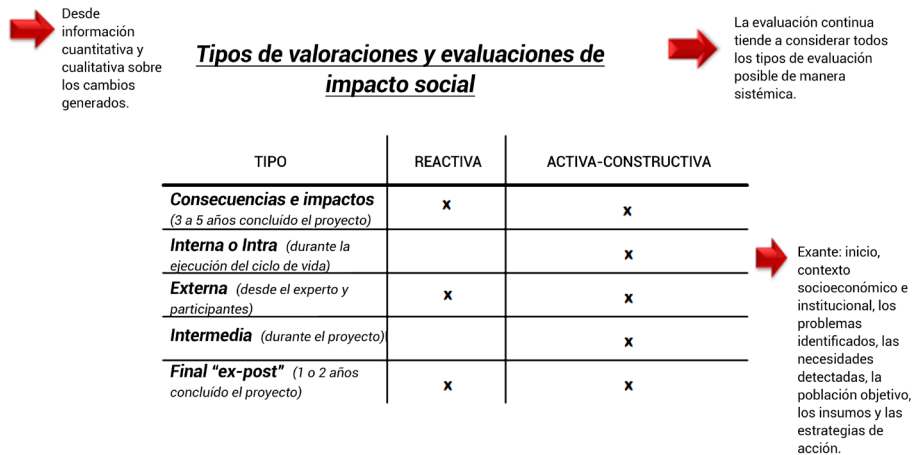
En síntesis, la evaluación de resultados tecnocientíficos de proyectos de investigación y su correspondiente intervención constituye un proceso sistémico, participativo, prospectivo y valorativo. Este se orienta hacia la toma de decisiones entre alternativas para alcanzar la pertinencia, la eficacia, la eficiencia y un impacto apropiado que asegure la sustentabilidad del cambio, favoreciendo así una transformación cultural fundamentada en la ASC.

Por tanto, el impacto se refiere al grado de incidencia, alteración o cambio que produce un resultado de la investigación científico-tecnológica o un proyecto de desarrollo mediante la intervención de investigadores u otros actores en el entorno social y natural. Estos efectos pueden ser directos o indirectos, tangibles o intangibles, y sus alcances pueden resultar beneficiosos o perjudiciales; por ello, deben proyectarse y evaluarse de manera sistemática.

El impacto se relaciona con los resultados de la investigación y con el ejercicio profesional aplicado a un contexto determinado. Asimismo, se vincula al proceso investigativo desde su fundamentación teórica —expresada en la valoración y proyección del problema, así como en la formulación de hipótesis y objetivos— y en su dimensión práctica, mediante la evaluación, socialización, apropiación, ejecución, aplicación, transformación, generalización, transferencia e innovación de

los resultados. En este sentido, el impacto forma parte de la responsabilidad social de la investigación, razón por la cual el proyecto y su aplicación se evalúan en diferentes momentos: *ex ante*, intermedia, *ex post* y de consecuencias e impacto (figura 2)<sup>1</sup>.

**Figura 2.** Tipos de evaluación de impacto social



**Fuente:** Elaboración propia.

Con base en el documento *Metodología estándar para la evaluación de impacto*, desarrollado por la Cámara de Comercio de Barranquilla, se plantea que las evaluaciones de impacto constituyen un conjunto de investigaciones empíricas orientadas a cuantificar los efectos producidos por las intervenciones, de manera que se diferencian de otras actividades evaluativas que se enfocan en caracterizar el proceso de ejecución de los proyectos. De acuerdo con dicho documento, una evaluación de resultados busca dar respuesta a una interrogante específica sobre la relación causa-efecto, examinando el rendimiento de un programa mediante un contrafactual explícito, entendido como un escenario alternativo a la realización de la intervención.

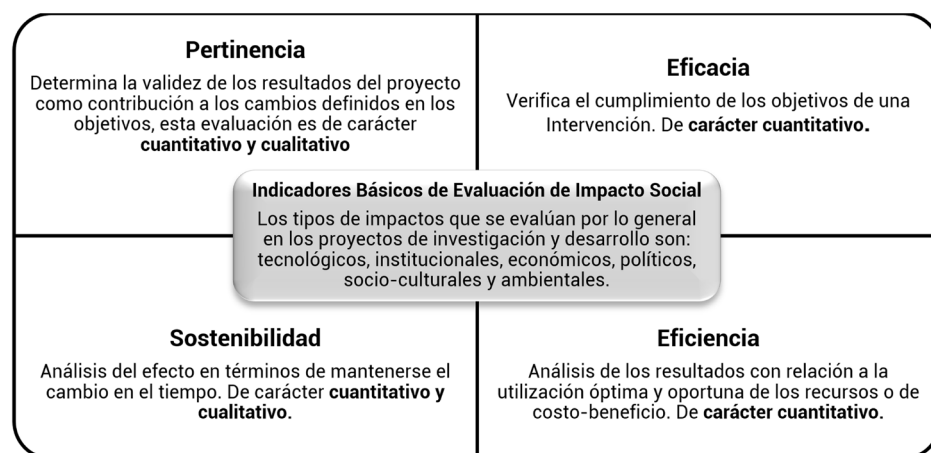
Entre los interrogantes que aborda la evaluación de impacto se encuentran las siguientes: ¿de qué manera influyó la intervención en los beneficiarios?, ¿se

<sup>1</sup> Esta definición elaborada por los autores, y discutida en una mesa de trabajo de la ESDEG, es asumida y recogida en el Reglamento de Extensión y Proyección Institucional de la Escuela Superior de Guerra en la Resolución N.º 24 del 03 junio de 2025 y en la Política Institucional de Evaluación de Impacto Social en los Proyectos de Investigación Científicos y Tecnológicos de la ESDEG (Escuela Superior de Guerra "Rafael Reyes Prieto", 2025).

produjeron mejoras como consecuencia directa del proyecto o habrían ocurrido igualmente sin este?, ¿puede ajustarse la formulación del programa para potenciar su impacto?, ¿el presupuesto está justificado?, ¿se cumplió el objetivo planteado?, ¿qué tan eficiente resulta el programa al compararlo con otras alternativas?, y ¿cuál sería el impacto de no implementar el programa? (Ilies et al., 2010). En relación con lo anterior, surge una cuestión metodológica fundamental: ¿cómo se establece y mide aquello que habría sucedido si prevaleciera el escenario alternativo sin intervención? (Gertler et al., 2017).

Uno de los temas en los cuales se ha avanzado en la evaluación del IS son los indicadores generales de evaluación o valoración, siendo los más reconocidos los que se muestran en la figura 3.

**Figura 3.** Indicadores básicos de evaluación de impacto social.



Fuente: Elaboración propia

Entre los indicadores específicos derivados de los anteriores, están los que se presentan en las tablas 2 y 3:

**Tabla 2.** Indicadores de impactos ambientales y socioeconómicos.

Indicadores de impacto	Ejemplos
Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restauración o rehabilitación de ecosistema.</li> <li>• Aumento de cobertura boscosa incluyendo árboles frutales.</li> <li>• Aumento de área de producción sostenible.</li> <li>• Desarrollo de técnica de producción sostenible (producciones más limpias o producciones sustentables).</li> </ul>

Indicadores de impacto	Ejemplos
Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento de conservación in-situ.</li> <li>• Establecimiento de sistemas de producción sostenible.</li> <li>• Incremento de especies y/o población de flora y fauna.</li> <li>• Mejora belleza paisajística.</li> <li>• Incremento de tipos de cultivos.</li> <li>• Cambio positivo en valores, comportamientos y prácticas respecto al ambiente.</li> <li>• Mejoramiento en la satisfacción de necesidades familiares básicas de alimentación, salud, vivienda, educación, vestido, como supuesto del aumento de los empleos e ingresos.</li> <li>• Aumento de los empleos e ingresos.</li> <li>• Mejora gestión recursos hídricos.</li> </ul>
Socioeconómicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de la población con abasto de agua potable por conexión domiciliaria.</li> <li>• Porcentaje de la población rural con abasto de agua potable por servicio público.</li> <li>• Incremento de la tasa de alfabetización.</li> <li>• Porcentaje de la población con suministro de energía renovables.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.** *Indicadores de impacto organizacionales y de ciencia y tecnología.*

Indicadores de impacto	Ejemplos
Organizacionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuevas metodologías de trabajo.</li> <li>• Nuevas estructuras.</li> <li>• Nuevos sistemas de gestión.</li> <li>• Transformación cultural y clima empresarial.</li> <li>• Transferencias de tecnología de procesos, uso TIC, etc.</li> <li>• Incremento de la rentabilidad.</li> <li>• Incremento productividad.</li> <li>• Acceso a nuevos mercados.</li> <li>• Mejoramiento de la calidad de productos y producciones.</li> <li>• Nuevas alianzas estratégicas.</li> <li>• Recuperación inversiones.</li> </ul>
Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Publicaciones.</li> <li>• Nuevos conocimientos e invenciones.</li> <li>• Patentes.</li> <li>• Innovaciones.</li> <li>• Licencias a tecnologías.</li> <li>• Formación.</li> <li>• Nuevos servicios tecnológicos.</li> <li>• Nuevos productos.</li> <li>• Transferencia de tecnologías.</li> <li>• Nuevas bases de datos.</li> <li>• Creación de nuevas redes.</li> <li>• Nuevos softwares.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

Al abordar el IS y su evaluación en la investigación científico-tecnológica, es necesario considerar la ASC como una dimensión clave del proceso. No se trata únicamente de generar transformaciones sociales a partir de la ciencia y la tecnología, sino también de propiciar escenarios en los cuales los saberes se construyan participativamente, sean comprendidos en sus significados y apropiados por diversos actores sociales.

Al respecto, Fernández-Polcuch (2019) aborda el desafío de medir el IS de la ciencia y la tecnología, señalando que no basta con indicadores bibliométricos o tecnológicos, como patentes y publicaciones. El autor sostiene que el IS debe reflejar transformaciones en las condiciones sociales, culturales, económicas o ambientales. Asimismo, subraya que la ciencia no constituye un fin en sí mismo, sino un proceso social que debe responder a necesidades y aspiraciones colectivas.

En este sentido, el IS no puede medirse de manera neutral, sino que exige una evaluación crítica, situada y participativa. Este planteamiento se alinea con los estudios CTS, que destacan la necesidad de democratizar la ciencia y promover procesos de ASC. En consecuencia, se propone medir el IS considerando las transformaciones reales en contextos específicos, desde un enfoque participativo, equitativo y complejo.

La propuesta de Fernández-Polcuch (2019) completa y profundiza los planteamientos de Alvesson, Ilies y Gertler al introducir herramientas prácticas y conceptuales para pensar la medición del IS como un proceso ético, contextual y dialógico. En sintonía con los estudios CTS y la teoría de la complejidad, advierte que el impacto no se reduce a indicadores cuantificables, sino que debe entenderse como un proceso de co-construcción del valor social del conocimiento. De este modo, invita a transformar tanto la práctica investigativa como sus mecanismos de evaluación, orientándolos hacia el bien común y la sostenibilidad. Medir el IS de la ciencia no consiste en contar publicaciones o patentes; se trata de comprender cómo la investigación contribuye a la sociedad, a la vida, al bienestar y al desarrollo de las personas, y hacerlo de un modo que incluya voces más allá de la comunidad académica (Fernández-Polcuch, 2019).

La reflexión sobre el papel de la investigación en la sociedad contemporánea revela la necesidad urgente de repensar sus fines, métodos y formas de evaluación. Precisamente, Alvesson y Paulsen (2017) denuncian una ciencia atrapada en la lógica productivista, vacía de sentido y desconectada de los problemas reales, lo cual abre paso a la necesidad de una investigación comprometida con la transformación social. Por su parte, Ilies et al. (2010), desde una perspectiva más

funcional, destacan el papel de la universidad en la sociedad del conocimiento, aunque mantienen una visión aún lineal de la transferencia del conocimiento.

Gertler (2017) profundiza esta discusión proponiendo que el impacto del conocimiento se construye a partir de su inserción contextual en redes sociales y territorios específicos, lo cual implica comprender la ciencia como una práctica situada y relacional. Finalmente, Fernández-Polcuch (2019) completa este panorama al plantear una concepción ética y compleja del IS, entendiendo que medirlo no significa cuantificar productos, sino reconocer los procesos de transformación de la vida social mediante el diálogo entre saberes, la inclusión de actores no académicos y la ASC. Desde los enfoques CTS y de la teoría de la complejidad, estos autores convergen en un llamado común: construir una ciencia reflexiva, comprometida, situada y transdisciplinaria, capaz no solo de explicar el mundo, sino también de dialogar con él y contribuir a su transformación plural y sostenible.

El debate contemporáneo sobre la medición del IS de la ciencia y la tecnología ha evolucionado desde modelos centrados en la productividad científica hacia enfoques críticos, participativos y transformadores. En este sentido, el conocimiento debe evaluarse no solo por sus resultados cuantificables, sino también por su capacidad para transformar realidades sociales, articular saberes diversos y promover la justicia epistémica. En esta dirección, Fernández-Polcuch (2019) introduce una mirada ética y contextual al subrayar que el verdadero impacto se construye mediante el diálogo con actores no académicos y la mejora efectiva del bienestar social. En consecuencia, estos enfoques coinciden en que medir el IS de la ciencia no es una tarea meramente técnica, sino profundamente política y ética. Requiere integrar múltiples voces, considerar los contextos culturales y valorar no solo los productos de la investigación, sino también sus procesos, relaciones y efectos reales en la vida de las personas. Por lo tanto, desde los enfoques CTS y de la teoría de la complejidad, la evaluación del IS debe ser participativa, flexible, crítica y orientada a la transformación social.

En la actualidad, Carolina Dueñas, de la Universidad Nacional de Colombia, enfatiza el valor de la ciencia abierta y de la ASC, mientras que investigadores como Jordi Molas-Gallart y Diana Hicks proponen metodologías más flexibles, entre ellas la teoría del cambio, la evaluación narrativa y la inclusión de impactos simbólicos o indirectos.

Específicamente, la ASC permite que los resultados de la investigación se conviertan en intervenciones sociales y trasciendan el ámbito académico para nutrir el diálogo entre ciencia, tecnología y sociedad. De este modo, fomenta los

aprendizajes ciudadanos y promueve decisiones colectivas que respondan a contextos reales. En consecuencia, el IS no se concibe como un efecto externo, sino como el resultado de una interacción dialógica en la que la ciencia y la tecnología sean parte de la construcción social del conocimiento.

Desde el enfoque de los estudios CTS y de la teoría de la complejidad, el IS de la investigación no puede comprenderse como una simple consecuencia medible de los resultados ni como un efecto colateral deseado, sino como una construcción colectiva de transformación educativa, cultural y social de la vida, en la que la ciencia y la tecnología interactúan con la sociedad de manera dinámica y no lineal. En este marco, la ASC emerge como un proceso ético de cambio y co-construcción, un vínculo que resulta fundamental para que la investigación científico-tecnológica deje de ser un ejercicio aislado del interés académico y se convierta en un proceso comprometido con la sostenibilidad y con la responsabilidad social de las decisiones.

De este modo, la apropiación social no constituye un complemento del impacto, sino una expresión más profunda y democrática de este. Se trata de un proceso intencionado de intercambio continuo de conocimientos y experiencias, en el que todos los actores aprenden y participan. Asimismo, se integra a la vida cotidiana y se conecta con actividades y proyectos orientados al desarrollo de capacidades locales y a la transformación social desde la autonomía y la iniciativa propia.

La Apropiación Social del Conocimiento (ASC) es un proceso intencionado y horizontal que busca integrar la ciencia, la tecnología y la innovación en la vida cotidiana de las personas. Este enfoque promueve que colectivos e individuos de todas las edades, géneros, etnias y orígenes participen activamente en la generación y uso del conocimiento. En la ASC no existen jerarquías; se valora por igual la diversidad de voces, fomentando un diálogo inclusivo y respetuoso. Todos son escuchados y tienen la oportunidad de aprender unos de otros, contribuyendo así a una valoración equitativa de los saberes y experiencias. (Minciencias, s. f., p. 2)

Además, se señala que

es un proceso que requiere la participación activa y equitativa de todos los interesados. Un diálogo de saberes y conocimientos que promueve el aprendizaje mutuo. Un proceso que busca generar transformaciones y fortalecer capacidades locales. Reconoce y valora las diversas visiones del mundo que tienen los grupos sociales, asegurando que todas las perspectivas sean

integradas y respetadas. No es una actividad unidireccional donde solo un actor transmite conocimientos. Las capacidades locales incluyen habilidades, conocimientos y motivaciones que facilitan la implementación de soluciones a retos para el desarrollo local. Fortalecer las capacidades permite que las comunidades que habitan los territorios sean más autónomas y activas en la generación, uso y aplicación del conocimiento y los saberes en su vida diaria. No se limita a la difusión de información sin generar un intercambio significativo. No es un proceso que excluya a actores o conocimientos locales. No se trata únicamente de resolver problemas, sino también de fortalecer iniciativas existentes y mejorar prácticas actuales. (Minciencias, s. f., p. 4)

Por tanto, entre sus principales características se encuentran la participación, la gobernanza, la generación de ideas, el aprendizaje, la transformación y la mejora en la calidad de vida. Estas pueden producirse en colectivos de ciencia, tecnología e investigación, en equipos de proyectos, grupos, redes y organizaciones, así como en comunidades poblacionales. Dichos procesos se desarrollan mediante proyectos de desarrollo e innovación y a través de prácticas participativas basadas en intercambios, diálogos, reflexión y negociación, que permiten comprender los contextos e intervenir en ellos. En este sentido, la ASC constituye un campo específico de la gestión del conocimiento y de la educación.

La estrecha relación entre los indicadores de IS y los de ASC radica en que ambos buscan medir el efecto de la ciencia y la tecnología en la sociedad, así como la manera en que la sociedad incorpora conocimientos al desarrollo científico y tecnológico a partir de la experiencia social y de las tradiciones ancestrales, desde diversas perspectivas.

La evaluación de IS se centra en la transformación que genera un proyecto de investigación en el entorno social, económico, cultural y ambiental. Para ello se emplean indicadores como la mejora en la calidad de vida, la generación de empleo, el fortalecimiento de capacidades locales y los cambios en las políticas públicas, entre otros. Por su parte, la ASC analiza los cambios que se producen en personas, comunidades, colectivos y organizaciones mediante el uso de dicho conocimiento y de sus aplicaciones transformadoras. Sus indicadores de evaluación se reflejan en procesos como la co-creación, la participación y la percepción del valor de la ciencia en la vida cotidiana, entre otros.

De este modo, un proyecto con alto IS suele requerir una fuerte ASC para que se produzcan cambios significativos. A su vez, el logro de indicadores de ASC puede ampliar el alcance del IS. En este vínculo ambos enfoques se complementan

en la búsqueda de la democratización de la ciencia. En síntesis, los indicadores de ASC pueden alimentar y fortalecer los de IS, asegurando que la ciencia y la tecnología beneficien efectivamente a la sociedad.

A continuación, se muestran dos casos de proyectos diferentes con sus ejemplos de indicadores de IS y de ASC en proyectos de investigación científico-tecnológica desde la academia e investigación aplicada en territorios.

1. Proyecto de desarrollo de tecnologías de vigilancia y alertas tempranas para mejorar la seguridad y defensa del territorio de comunidades fronterizas o zonas de alta incidencia de conflictos:
  - *Indicadores de impacto social:* disminución del número de incidentes delictivos en la zona en al menos 30 %; reducción del tiempo de respuesta de las fuerzas de seguridad ante amenazas; aumento del 50 % en la sensación de seguridad entre los habitantes del territorio; mayor confianza de la comunidad en las instituciones de seguridad y defensa; creación de redes comunitarias de alerta y comunicación con autoridades; incremento en la participación ciudadana en estrategias de prevención; inclusión del sistema de vigilancia en protocolos nacionales de seguridad; creación de redes comunitarias de alerta y comunicación con autoridades; creación de marcos legales para el uso de tecnologías de defensa en comunidades vulnerables.
  - *Indicadores de apropiación social del conocimiento:* número de capacitaciones sobre el uso de la tecnología en comunidades locales; creación de manuales y materiales didácticos accesibles para la población; cantidad de ciudadanos involucrados en el monitoreo y uso de la tecnología; número de colaboraciones entre investigadores, fuerzas de seguridad y comunidades; integración del sistema de alerta temprana en la vida cotidiana de la comunidad; cambio en los hábitos de seguridad de la población adoptando nuevas estrategias preventivas, incorporación de saberes locales en la estrategia de defensa del territorio.
2. Proyecto científico académico sobre la actualización y rediseño del currículo en la formación de ingenieros en Colombia:
  - *Indicadores de impacto social:* mejora en las tasas de graduación y retención estudiantil; aumento de la empleabilidad de los egresados en sectores estratégicos del país; incorporación de tendencias tecnológicas y necesidades del sector productivo en los planes de estudio; creación y actualización de materias relacionadas con industrias

4.0, sostenibilidad y transformación digital; crecimiento de convenios universidad-empresa para prácticas y proyectos de desarrollo e innovación; incremento de emprendimientos tecnológicos liderados por egresados.

- *Indicadores de apropiación social del conocimiento*: número de docentes, estudiantes y representantes del sector productivo involucrados en el rediseño curricular; espacios de diálogo y co-construcción entre la universidad, la industria y sectores económicos y el gobierno; implementación de nuevas metodologías pedagógicas en las aulas; desarrollo de recursos educativos abiertos y materiales actualizados; cambios en la percepción de docentes y estudiantes sobre la pertinencia del currículo; inclusión de enfoques interdisciplinarios y transversales en la enseñanza de la ingeniería; creación de mecanismos de seguimiento para la revisión continua del currículo; implementación de estrategias de formación docente para la actualización permanente.

Es así como, desde una mirada de los estudios CTS y de la complejidad, el IS de la investigación no debe desligarse de la ASC. Esta no solo permite que los resultados científicos sean comprendidos y utilizados por distintos actores, sino que también posibilita su reinterpretación y resignificación en contextos reales. En este sentido, la apropiación social implica una interacción crítica entre ciencia, tecnología y sociedad, en la cual los saberes no circulan de forma unidireccional, sino que se construyen a partir de la diversidad de actores y conocimientos. En esta línea, autores como Nowotny et al. (2003) advierten que solo una ciencia abierta al diálogo con la sociedad puede generar impactos legítimos y sostenibles. Así, la ASC no constituye un complemento del IS, sino una condición necesaria para que la investigación dialogue con la sociedad y contribuya efectivamente a su transformación.

Por lo tanto, sin ASC no hay verdadero IS. Solo cuando la investigación se abre al diálogo con la sociedad se convierte en una herramienta de transformación y en un acto ético de construcción compartida de aprendizaje social. Como afirman Nowotny et al. (2003), la ciencia debe aprender a convivir con la incertidumbre y abrirse a los contextos de aplicación si quiere conservar su legitimidad social. En este sentido, la investigación adquiere capacidad transformadora cuando se conecta con las comunidades, escucha sus saberes y responde a sus contextos. La ASC constituye así un proceso dinámico que promueve el diálogo de saberes, la participación ciudadana y la construcción conjunta de conocimiento con sentido social (Minciencias, 2021).

## Conclusiones

Con base en la investigación realizada, el IS puede entenderse como la huella que deja un proyecto de investigación, de intervención o de desarrollo e innovación, ya sea planeado o no. Este impacto se manifiesta en las consecuencias, positivas o negativas, que tales proyectos generan en los ámbitos económico, financiero, medioambiental y cultural. Sus resultados pueden presentarse en el corto, mediano o largo plazo y se verifican en distintos niveles sociales, como las organizaciones, las comunidades y las regiones donde se aplican. Específicamente, el IS puede tipificarse de diferentes maneras: por un lado, el *impacto social positivo* se considera aquel que la sociedad percibe como fuente de bienestar, ya sea porque crea nuevas oportunidades, atiende necesidades, empodera a las personas o contribuye al mejoramiento de la vida. Por otro lado, el *impacto social negativo* se percibe como una amenaza o fuente de malestar cuando empobrece a los colectivos, monopoliza recursos o incide de manera perjudicial en la cultura y en el ambiente natural.

El IS y la ASC deben preverse desde el inicio de la investigación, a partir de las orientaciones establecidas para la formulación de los proyectos, así como en sus procesos de aprobación, seguimiento y evaluación. El impacto puede relacionarse con cambios socioeconómicos, organizacionales o ambientales, entre otros. En un sentido amplio, puede comprenderse también como ASC, a través de la interiorización y socialización del aprendizaje por parte de los distintos actores involucrados —investigadores, comunidades y otros agentes— en función de la transformación proyectada. Este proceso contribuye a la permanencia del nuevo conocimiento, a su transferencia y a la generación de innovación, mediante acciones como capacitaciones, publicaciones, eventos y redes de conocimiento que se desarrollan a través de la extensión de los resultados de investigación.

En consecuencia, desde los enfoques CTS, la ciencia y la tecnología deben asumirse como prácticas sociales situadas e históricamente condicionadas. En este marco, el impacto no se mide únicamente en términos de innovación o crecimiento económico, sino también por su relevancia social, su legitimidad y su apropiación por parte de la sociedad. Asimismo, desde la teoría de la complejidad, el IS se comprende como un proceso emergente, no lineal, co-construido y en evolución, lo cual exige dispositivos evaluativos sensibles a la incertidumbre, la diversidad y la transformación cultural.

## Referencias

- Alvesson, M., & Paulsen, R. (2017). *Return to Meaning: A Social Science with Something to Say*. Oxford University Press.
- Arana, M. (2018). Prefacio. En M. Arana & V. Ibarra (Eds.), *Educación científica y cultura investigativa en ciencias militares* (2.ª ed., pp. 13–22). Sello Editorial ESMIC.
- Arana, M. (2018). Un acercamiento a la ciencia como unidad del conocimiento. En M. Arana & V. Ibarra (Eds.), *Educación científica y cultura investigativa en ciencias militares* (2.ª ed., pp. 25–60). Sello Editorial ESMIC.
- Arana, M. (2005). La educación científico-tecnológica desde los estudios de la ciencia, tecnología, sociedad e innovación. *Tabula Rasa*
- Arana, M. (2016). La cultura investigativa como proceso y resultado. En M. Arana & V. Ibarra (Eds.), *Cultura de la investigación y gestión educativa Experiencias desde tres universidades colombianas* (1ª ed., pp. 45–54). Sello Editorial ESMIC.
- Bernal, J. D. (1961). *La ciencia en la historia* (F. Simón & J. C. Torralba, Trad., 2 vols.). Ediciones Península. (Obra original publicada en 1954)
- Dawkins, R. (2003). El capellán del diablo. *Posmodernismo al desnudo*.
- Escuela Superior de Guerra "Rafael Reyes Prieto". (2025). Reglamento de Extensión y Proyección Institucional [Resolución No. 24, 3 de junio de 2025].
- Fernández-Polcuch, E. (2019). *Midiendo el impacto social de la ciencia y tecnología*. Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT). [https://www.ricyt.org/wp-content/uploads/2019/09/IVTaller\\_Indicadores\\_polcuch.pdf](https://www.ricyt.org/wp-content/uploads/2019/09/IVTaller_Indicadores_polcuch.pdf)
- Fonseca, L., Lafuente, R., & Mora, R. (2015). Evolución de los modelos en los procesos de innovación, una revisión de la literatura. *Tecnología en Marcha*, 29(1), 108–117. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29n1/0379-3982-tem-29-01-108.pdf>
- Gertler, M. S. (2017). The role of university in local and regional innovation. *The Oxford Handbook of Local Competitiveness* (pp. 301–319). Oxford University Press.
- Illich, I. (1974). *La sociedad desescolarizada* (A. Martínez, Trad., 1.ª ed.). Barral Editores. (Obra original publicada en 1971)
- Ilies, L., Gavrea, C., & Stanciu, O. (2010). The role of universities in the development of the knowledge-based society. *Annales Universitatis Apulensis Series Oeconomica*, 12(2), 556–561.
- Kline, S. J. y N. Rosenberg (1986). "Una visión general de la innovación". En R. Landau y N. Rosenberg (eds.), *La estrategia de suma positiva: Aprovechar la tecnología para el crecimiento económico*. Washington, DC: National Academy Press, págs. 275–305.
- Kostoff, R. (1995). *The handbook of research impact assessment*. Office of Naval Research, Arlington VA.
- Kuhn, T. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas* (A. Kogan, Trad., 2.ª ed.). Fondo de Cultura Económica. (Obra original publicada en 1962)

- Luján J.L & Moreno, L., (1996). El cambio tecnológico en las ciencias sociales: el estado de la cuestión. *Revista española de investigaciones sociológicas*, 74.
- McMullin, E. (1987). Scientific controversy and its termination.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens III, W. W. (1972). *The limits to growth*. Universe Books.
- MINCIENCIAS. (s.f.). El ABC de la ASC. [https://minciencias.gov.co/sites/default/files/abc\\_de\\_minciencias\\_0\\_0.pdf](https://minciencias.gov.co/sites/default/files/abc_de_minciencias_0_0.pdf)
- MINCIENCIAS. (2021). *Resolución de Política Pública de ASC, 0643 marzo de 2021*.
- MINCIENCIAS. (2021). Política Nacional de Apropiación Social del Conocimiento.
- Mumford, L. (1934). *Technics and civilization*. Harcourt, Brace and Company.
- Nowotny, H., Scott, P., & Gibbons, M. (2003). *Re-thinking science: Knowledge and the public in an age of uncertainty*. Polity Press.
- Osorio Marulanda, C. (2019). La educación CTS. *Uniciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, 14(42), 99–114.
- Pacey, A (1990). *La cultura de la tecnología*. Fondo de cultura Económica, México
- Parlamento Europeo. (1997). *Informe sobre el Tratado de Ámsterdam* (CONF 4007/97 - C4-0538/97).
- Quintanilla, M. A. (1989). *Tecnología: Un enfoque filosófico*. Fondo de Cultura Económica.
- Quintanilla, M.A. (1996). Educación Moral y Cultura tecnológica. *Filosofía moral. Educación e Historia*. UNAM, México.
- Quintanilla, M. A. (2005). Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología. Tecnos.
- Schlick, M. (1934). Positivism and realism. *The Monist*, 44(4), 559–588.
- Schumacher, E. F. (1973). Small is beautiful: A study of economics as if people mattered. Blond & Briggs.
- Snow, C. P. (1959). The two cultures and the scientific revolution. Cambridge University Press.
- Sokal, A. y Bricmont, J. (1999). Imposturas Intelectuales. *Ed. Paidós*.
- Solis, F. M. (2010). El Debate: Medir el impacto social de la ciencia y la tecnología: ¿viable o utópico? *RevistasCTS.net*
- Torres González, O., & López Echagüe, C. (2022). Las controversias científico-tecnológicas públicas desde la perspectiva CTS: Panorama y desafíos. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS*, 17(50), 109–115. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8735015>
- Vanclay F. (2003). International principles for social impact assessment. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 21(1), 5–11. <http://www.iisd.org/learning/eia/es>
- Villaveces, J.L. (2005). ¿Cómo medir el impacto de las políticas de ciencia y tecnología? *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 2(4), 125-146.