

De la emoción a la transformación. Una propuesta analítica para la influencia de la comunicación pública de la ciencia y la tecnología ***Da emoção à transformação. Uma proposta analítica sobre a influência da comunicação pública da ciência e da tecnologia*****From Emotion to Transformation. An Analytical Proposal for the Influence of Public Communication of Science and Technology*****Miguel García Guerrero  y Bertha Michel Sandoval  ****

Desde sus inicios como disciplina académica, el análisis de la comunicación pública de la ciencia y la tecnología (CPCT) ha desarrollado varios modelos sobre la relación que se establece con el público: desde el énfasis en la transmisión de información hasta enfoques que reconocen los aportes del público y su potencial para incidir en la ruta científico-tecnológica de una sociedad. Estos enfoques requieren complementarse con una visión de los objetivos que pueden guiar la práctica de la CPCT, para lo cual es necesario un marco conceptual específico. El presente artículo plantea el modelo PODER, un espectro de cinco niveles de influencia de la CPCT en la vida de las personas: Placer, Orden, Decisión, Experiencia activa y Reforma. La propuesta toma como base los conceptos de aprendizaje a lo largo de la vida y cultura científica, así como los modelos analíticos de la CPCT y enfoques sociocríticos de la educación. El modelo PODER describe una progresión de impacto, desde el vínculo emocional inicial con la ciencia hasta la acción colectiva orientada a la transformación social, en aras de construir una herramienta conceptual para el diseño, análisis y evaluación de iniciativas de CPCT.

Palabras clave: comunicación pública de la ciencia y tecnología; cultura científica; apropiación social de la ciencia y tecnología; influencia de la comunicación de la ciencia; educación no formal

Desde o seu início como disciplina acadêmica, a análise da comunicação pública da ciência e da tecnologia (CPCT) desenvolveu vários modelos sobre a relação estabelecida com o público, desde a ênfase na transmissão de informações até abordagens que reconhecem as contribuições do público e seu potencial para influenciar o rumo científico-tecnológico de uma sociedade. Essas abordagens devem ser complementadas por uma visão dos objetivos que podem orientar a prática da CPCT, para o que é necessário um quadro conceitual específico. O presente artigo propõe o modelo PODER, um espectro de cinco níveis de influência da CPCT na vida das pessoas: Prazer, Ordem, Decisão, Experiência ativa e Reforma. A proposta baseia-se nos conceitos de aprendizagem ao longo da vida e cultura científica, bem como nos modelos analíticos da CPCT e nas abordagens sociocríticas da educação. O modelo PODER descreve uma progressão de impacto, desde o vínculo emocional inicial com a ciência até a ação coletiva voltada para a transformação social, com o objetivo de construir uma ferramenta conceitual para o desenho, a análise e a avaliação de iniciativas de CPCT.

Palavras-chave: comunicação pública da ciência e da tecnologia; cultura científica; apropriação social da ciência e da tecnologia; influência da comunicação científica; educação não formal

* Recepción del artículo: 11/04/2026. Entrega del dictamen: 15/05/2026. Recepción del artículo final: 23/07/2026.

** *Miguel García Guerrero*: Museo de Ciencias, Universidad Autónoma de Zacatecas, México. Correo electrónico: miguel@grupoquark.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0291-3968>. *Bertha Michel Sandoval*: Museo de Ciencias, Universidad Autónoma de Zacatecas, México. Correo electrónico: tita@grupoquark.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4526-8073>.

Since its inception as an academic discipline, the analysis of public communication of science and technology (PCST) has developed various models regarding the relationship established with the public—ranging from an emphasis on the transmission of information to approaches that recognize the public's contributions and its potential to influence a society's scientific and technological trajectory. These approaches must be complemented by a clear understanding of the objectives that can guide the practice of PCST, which requires a specific conceptual framework. This article proposes the POWER model, a spectrum of five levels of PCST's influence on people's lives: Pleasure, Order, Wisdom (Decision), Enhance action, and Reform. The proposal is based on the concepts of lifelong learning and scientific culture, as well as analytical models of PCST and sociocritical approaches to education. The POWER model describes the progression of impact, from the initial emotional connection with science to collective action aimed at social transformation, with the goal of constructing a conceptual tool for the design, analysis, and evaluation of PCST initiatives.

Keywords: *public communication of science and technology; scientific culture; social appropriation of science and technology; impact of science communication; non-formal education*

Introducción

A lo largo de las últimas décadas, la discusión sobre comunicación pública de la ciencia y tecnología (CPCT) ha evolucionado desde un modelo lineal de transmisión de información (déficit) hasta una perspectiva dialéctica e interactiva que considera al público lego como protagonista en procesos de construcción de conocimientos (compromiso público con la ciencia) o incluso visiones críticas sobre su desarrollo en sociedad (Alcíbar, 2015; Lewenstein, 2010; Nisbet & Scheufele, 2009). En todo caso, tanto en la discusión académica como en las nuevas agendas de políticas públicas, queda claro que actualmente se considera la labor de la comunicación de la ciencia como una herramienta fundamental para que los ciudadanos puedan entender su entorno y tomar decisiones informadas (Baram-Tsabari & Lewenstein, 2017).

Aquí, cabe preguntarnos si los acercamientos con el público no especializado únicamente han de tener metas de alcance profundo. ¿También es posible hacer CPCT con fines recreativos o culturales? Surge, entonces, la pregunta central del presente trabajo: ¿cómo puede construirse un modelo de influencia de la CPCT en la vida de las personas? En este contexto se entiende influencia como la capacidad de incidir en el pensamiento, comportamiento, opiniones o decisiones de personas o grupos; por tanto, se trata de caracterizar qué tanto llega a incidir la CPCT a nivel individual y social. La idea es que dicho modelo sirva para analizar influencias que ya se han producido y las que pueden estar en proceso, así como planear aquellas que se busca promover.

En el modelo AEIOU, planteado por Burns *et al.* (2003), se identifican diferentes reacciones a buscar con las iniciativas de CPCT: desde lograr que las personas puedan advertir (*awareness*) que existe un tema del que pueden aprender más; emocionar (*enjoyment*) al público con las actividades; interesar (*interest*) para motivarlas a averiguar más al respecto; llevarlas a opinar (*opinion*) en función de su propia postura; y, finalmente, ubicar (*understand*) los conceptos científicos, al comprenderlos y relacionarlos con su realidad. Cada uno de los puntos implica una diferente profundidad y un abordaje distinto con el público, con lo que este modelo sirve como referente para planear y hasta evaluar procesos específicos de CPCT.

Sin embargo, el modelo AEIOU no nos dice nada sobre qué pasa con las personas después de su experiencia con un proceso. En la medida en que la CPCT ejerce una forma de agencia, al aplicar medios para buscar resultados específicos (Giddens, 1997), se debe asumir la responsabilidad en el poder implícito a su labor. Cabe entonces preguntarnos ¿Qué aspiraciones son necesarias o válidas? ¿Podríamos conformarnos con deleitar para construir relaciones personales gratificantes con la ciencia, aunque quizá resulte superficial? O bien, ¿intentar promover una conciencia social profunda, para buscar transformaciones de gran calado?

En realidad, las aspiraciones deben ligarse con el contexto: del público, de los objetivos para el proceso, los medios de que dispone, así como del tiempo, y seguimiento, que se puede dedicar a la iniciativa a desarrollar. Casi todo se puede conseguir, siempre que haya conciencia de con quién se va a trabajar, a dónde se quiere llegar y cómo se van a desarrollar las cosas; ah y, claro está, se cuente con los recursos suficientes.

El presente trabajo busca explorar las condiciones, y aspiraciones, de la CPCT con la intención de construir un espectro de alcances que puede tener su labor en las personas y sectores sociales con quienes trabaja. Para lograrlo, partiremos de la visión de educación para toda la vida, la cual nos permite caracterizar a la CPCT en el marco más amplio de la educación no formal y la cultura científica. Se conectará, además, con los

diferentes modelos de CPCT y sus dimensiones de transformación social, identificando coincidencias con aspectos de la visión sociocrítica de la educación. A partir de los elementos abordados, complementados con más de 30 años de experiencia práctica de cada uno de los autores, se propone el modelo PODER de 5 niveles de influencia de la CPCT en las vidas de las personas. Finalmente, se contrasta el modelo con otros existentes para caracterizar la novedad de su aporte y los aspectos en que puede contribuir a la teoría y práctica de la CPCT.

1. Educación a lo largo de toda la vida

Las personas y las sociedades contemporáneas experimentan una enorme influencia de la ciencia y tecnología en sus vidas, aunque irónicamente muy pocos las entienden o pueden aprovecharlas al máximo. La explosión de nuevos conocimientos, el cambio tecnológico acelerado y la creciente competencia hacen el aprendizaje a lo largo de toda la vida más importante que nunca (World Bank, 1998), ante la necesidad de desarrollar las capacidades de continuamente evaluar, adaptar y aplicar nuevos conocimientos (Liu & Falk, 2014).

El aprendizaje es, entonces, un concepto central en la actualidad. Podemos concebirlo como un cambio significativo en la organización del conocimiento y la capacidad de acción de las personas, el cual puede producirse por la experiencia, la práctica o la instrucción y se evidencia con la capacidad de transferir lo aprendido a nuevas situaciones (Kirschner *et al.*, 2006; Paas *et al.*, 2003; Sweller, 1994).

El aprendizaje escolar sigue siendo una base esencial, pero debemos considerar que apenas representa entre el 3 y el 5% de nuestras vidas (Liu & Falk, 2014). Reconociendo que los mayores eventos de aprendizaje se encuentran en la vida misma (Wenger, 2011), es ineludible considerar como punto de partida una perspectiva amplia de educación que no esté limitada en tiempo y espacio (Pastor Homs, 2001).

La UNESCO (UNESCO-UIS, 2012), define educación como el conjunto de procesos deliberados de comunicación orientados a producir aprendizaje. En un sentido más libre, y personal, Wenger (1999) la presenta como la apertura de identidades: explorar nuevas formas de ser que se encuentran delante de nuestro estado actual. En la medida que ubica a las personas en una trayectoria saliente hacia un amplio rango de identidades posibles, la educación no es meramente formadora sino transformadora (Wenger, 1999).

Y esta visión va mucho más allá de la escuela. Existen tres diferentes modalidades educativas, bien caracterizadas, de acuerdo a las condiciones en las que se llevan a cabo (Pastor Homs, 2001; UNESCO-UIS, 2012): formal, no formal e informal.

La educación formal está institucionalizada, a través del sistema escolar, es intencional y planeada a través de organizaciones públicas y entes privados que cuentan con reconocimiento oficial (UNESCO-UIS, 2012). Además, se trata de una modalidad cronológicamente graduada y jerárquicamente estructurada (Pastor Homs, 2001). Aunque este sistema abarca todos los niveles educativos, de forma específica a partir de aquí al hablar de la escuela haremos referencia a los niveles básico y medio: primaria, secundaria y bachillerato. Debido a la saturación de contenidos en los programas y los grupos numerosos en las escuelas, resulta casi imposible atender los intereses, las dudas y las ideas particulares de cada estudiante. Con frecuencia, todo esto termina por alejar a las personas de identidades cercanas a la ciencia y de una mayor influencia de ésta en sus vidas.

Aquí entra la educación informal, con todos los procesos en los que las personas construyen conocimientos, habilidades, actitudes y modos de discernimiento mediante las experiencias diarias y su relación con el ambiente (Pastor Homs, 2001). En esta modalidad no se cuenta con organización ni estructura (Pastor Homs, 2001; UNESCO-UIS, 2012), aunque desde entornos sociales (como la familia, amigos o el trabajo) y de medios masivos de comunicación (radio, prensa escrita, televisión, cine, internet y redes sociales) se aporta la mayor parte del aprendizaje que una persona logrará en su vida.

La modalidad no formal comprende actividades planeadas y organizadas que se desarrollan fuera del sistema escolar para promover aprendizajes específicos en ciertos sectores de la población (Pastor Homs, 2001), con lo que ayuda a fomentar la inclusión en el marco del aprendizaje a lo largo de toda la vida (UNESCO-UIS, 2012). En este escenario, la CPCT forma parte de la educación no formal en ciencia y tecnología, con un amplio abanico de iniciativas: talleres, conferencias, cafés científicos, ferias de ciencia, zoológicos, acuarios, museos, centros de ciencia, revistas, libros, blogs, videos educativos, clubes científicos, programas de ciencia ciudadana, entre otros. Un importante factor común es que el público elige aprovechar estas oportunidades y las personas se involucran en ellas a partir de sus intereses (Liu & Falk, 2014).

Es importante notar que, aunque se han caracterizado por separado, las tres modalidades educativas no se pueden entender de manera independiente. Constituyen un entramado que se retroalimenta para formar y transformar la identidad de las personas, ayudando a negociar su ser con la realidad que las rodea. En este sentido, podemos aspirar a un fuerte eco con la perspectiva sociocrítica de la educación en Freire (1972): una visión liberadora, problematizadora, que conecte a las personas con su mundo para percibirlo críticamente; entendiéndose como posibles agentes de transformación. En los términos específicos del vínculo con la ciencia y tecnología, se conecta con la cultura que se busca desarrollar a nivel individual y colectivo.

2. Cultura científica y CPCT

La cultura se entiende aquí como el conjunto de prácticas que dan lugar a formas simbólicas (creencias, valores, normas y objetos sociales) que resultan de relaciones de poder entre actores y grupos sociales (Lewenstein, 2010). Representa la forma en que la sociedad se expresa y las múltiples maneras en que articula la condición humana (Davies *et al.*, 2019), desde lo artístico y deportivo hasta lo político, lo económico y lo científico.

Ante la creciente importancia de la ciencia y tecnología en el mundo moderno, la cultura científica se vuelve un elemento central para las personas. De Cózar Escalante & Gómez-Ferri (2022) conciben la cultura científica como la mezcla de conocimientos, actitudes y prácticas de la ciudadanía con respecto a la ciencia. En el terreno individual, para Zamarrón (2006) una persona con cultura científica debe contar con información pero también con una preparación y habilidades que le permitan situar el conocimiento en su esencia y su sentido. Por su parte, Olivé (2006) destaca la necesidad de que las personas o colectivos, en función de sus fines y de sus valores, puedan ejercer sus capacidades para generar y para apropiarse y aprovechar el conocimiento (ya sea saberes tradicionales o científicos).

En un sentido más colectivo, De Cózar Escalante & Gómez-Ferri (2022) hablan de cultura científica comunitaria cuando colectivos de ciudadanos legos, ante un

determinado problema, buscan información y construyen conocimientos de manera cooperativa, interactuando de manera frecuente e intensa. Aquí entrarían en juego las comunidades de práctica (Wenger, 1999) con un énfasis en temas científicos que resultan relevantes para sus integrantes.

Con base en todo lo anterior, podemos entender la cultura científica como la construcción de una relación significativa (que puede ir desde lo personal hasta lo colectivo y social) con la ciencia y la tecnología, en la que el contexto desempeña un rol fundamental. La cultura científica no puede darse como una imposición externa o algo que se transmite linealmente; responde a los gustos, intereses, necesidades o preocupaciones de cada individuo o colectivo.

Un valioso punto de partida para promover la cultura científica se encuentra en la relación con la ciencia por placer. Sería algo semejante a lo que ocurre con otras expresiones culturales, como las artes o los deportes. No necesitamos ser músicos profesionales para disfrutar de una buena canción; tampoco se precisa ser un atleta de alto rendimiento para practicar un deporte; de la misma manera, se puede buscar una relación cercana con la ciencia por gusto o diversión. A partir de ahí, se pueden promover impactos más profundos, mediante un interés sostenido, para que las personas conozcan cómo funciona la ciencia y, además, entiendan, aprovechen y adapten conocimientos relevantes para sus vidas.

Es difícil que semejantes acercamientos con la ciencia se presenten de manera espontánea. Un contacto básico que la mayoría de las personas tienen ocurre en la educación formal, con las desventajas de que no es voluntario, no siempre es placentero y no brinda oportunidades de acceso a lo largo de toda la vida. Aquí es donde entra en escena la CPCT, como el conjunto de actividades que facilitan el acceso de las personas no especializadas a la ciencia y tecnología; que seleccionan, redirigen, adaptan y recrean conocimientos producidos en el ámbito de ciertas comunidades científicas y tecnológicas para que, una vez transformados, cumplan una función social dentro de un contexto distinto y con propósitos diferentes para una determinada comunidad cultural (Alcíbar Cuello, 2004). En el fondo, se trasciende la traducción entre niveles lingüísticos para recontextualizar (o reinterpretar) algún aspecto del conocimiento o de la práctica científica (Alcíbar Cuello, 2004).

Es importante destacar que la CPCT no se limita a promover una apreciación o apoyo para la ciencia: se busca una cultura científica para también saber de riesgos y aspectos sociales de la ciencia y la tecnología, así como tomar decisiones con base en el conocimiento experto disponible, con todo y sus controversias. Dependiendo de quién promueve los procesos de CPCT, ya sea a nivel de instituciones (gubernamentales, educativas, empresariales o de la sociedad civil) o personal (investigadores, divulgadores, gestores o activistas), hay una agenda que puede buscar legitimar la ciencia y la tecnología en abstracto; promover la imagen de una institución; impulsar la aceptación social de un avance particular; o incluso desarrollar una visión crítica que cuestione temas particulares o de conjunto.

En este sentido, Baram-Tsabari & Lewenstein (2017) señalan que la buena CPCT permite al público hacer juicios informados sobre fuentes y pericia, de forma que pueda adaptar la información a su contexto, e incluso aportar sus conocimientos y experiencias para abordar valores, política, cultura y otras dimensiones sociales de la ciencia. En un sentido más amplio, podría ayudar a que diferentes sectores discutan sobre asuntos complejos, ya sea para tomar decisiones, planear acciones políticas o una retroalimentación entre ambas.

3. Cambio personal y social en los modelos de CPCT

La base esencial de la CPCT, tanto para su práctica como en el análisis académico, se encuentra en reconocer que no se puede hacer comunicación efectiva para el “público en general”, en la medida en que “el público” está compuesto por un gran número de sectores muy distintos entre sí (Burns *et al.*, 2003). Si se pretende hacer una labor para todos, la iniciativa no será efectiva para casi nadie. Una labor exitosa requiere iniciar estableciendo de forma clara a quién se va a dirigir el proceso, para poder planear, estructurar y desarrollar la iniciativa en consecuencia.

A continuación, se debe considerar la forma en que se construirá la relación con el público, aspecto en el que el debate académico sobre CPCT ha desarrollado diferentes modelos analíticos. Cabe señalar que se trata de marcos conceptuales descriptivos, creados con la intención de caracterizar y estudiar ciertas formas de llevar a cabo los procesos de CPCT. Con esto en cuenta, no deben entenderse como modelos normativos que rigen cómo se debe realizar la práctica; son referentes teóricos para orientar la discusión y análisis de lo que se lleva a cabo. Históricamente, los debates han hecho un contraste entre flujos de comunicación en una, en dos o en más direcciones; entre limitarse a ofrecer información, promover una dinámica de diálogo o involucrar a múltiples actores en la discusión (Lewenstein, 2011).

El primer caso se encuentra en lo que se ha caracterizado como modelo de déficit: parte de la idea de que la resistencia –o el rechazo– a la ciencia viene de la falta de información y se trata al público como recipientes vacíos que esperan a ser llenados con el conocimiento de expertos que deciden qué abordar y cómo hacerlo (Cortassa, 2010; Nisbet & Scheufele, 2009). Desde este enfoque, más que existir una comprensión, se apunta a la valoración de la ciencia y tecnología (Alcíbar, 2015); es decir, a que el público reconozca su autoridad epistémica y la importancia de respaldarla. Se trata de una perspectiva funcional a los intereses de las políticas públicas en ciencia y tecnología (Cortassa, 2010).

A partir de las críticas a esta forma de concebir, y realizar la CPCT, se desarrolló el modelo de diálogo (o contextual): los individuos (o colectivos) aquí se consideran participantes activos del proceso, aportando sus ideas, experiencias, valores, dudas y preocupaciones para una construcción colectiva en la que las personas aprenden unas de otras (Coletti *et al.*, 2023; Cortassa, 2010). También ha sido denominado compromiso público (*public engagement*) con la ciencia y tecnología, por su énfasis en la participación activa de las personas no expertas (Bubela *et al.*, 2009).

Si bien por mucho tiempo el debate parecía polarizado entre déficit y diálogo, en la realidad los procesos rara vez ocurren en blanco o negro. Existe todo un continuo de posibilidades intermedias de participación (Lewenstein, 2011) que se desarrollan en función de las condiciones de quien promueve el proceso, el público al que se dirige, los objetivos que se buscan y las condiciones materiales en que se trabaja.

Aunque el desarrollo de enfoques más participativos resulta un avance, la noción misma del diálogo presenta el problema de que se sigue concibiendo ciencia y sociedad de forma separada (Alcíbar, 2015). Además, es necesario reconocer la asimetría epistémica entre expertos y públicos (Cortassa, 2010), en la que incluso en el diálogo se discriminan muchos saberes locales. La búsqueda de una perspectiva integral, que tome en cuenta críticamente los aspectos que intervienen en las relaciones ciencia-sociedad, ha dado lugar al modelo de comprensión crítica de la ciencia en público (CCCP) (*critical understanding of science in public*) (Alcíbar, 2015).

En la CCCP se identifica a la ciencia como parte de un entramado social, con diferentes ámbitos de influencia mutua con varios sectores. Aparece un elemento epistemológico constructivista: antes que aprender de ciencia, en tanto a contenidos, las personas deben entender a la ciencia como institución social (Alcíbar, 2015). A la par, existe en este modelo una vocación transformadora en que los sectores involucrados, legos y expertos, aportan al proceso y están abiertos a cambiar con él. Solo con esta base es posible trascender el determinismo: considerar los avances científico-tecnológicos no como algo ya establecido sino resultado de una construcción social en la que se puede influir.

Así, la CCCP coincide con ideas clave de la corriente sociocrítica de la educación: partir de una problematización de la realidad que brinde a las personas las condiciones para transformar sus vidas (Freire, 1972); así como la educación crítica entendida como política cultural que busca incidir en la tarea de moldear la vida democrática pública, al relacionar conocimiento con poder y aprendizaje con cambio social (Giroux, 2001). Incluso, la teoría de la acción comunicativa (Habermas, 1999) refiere a la negociación de significados de una situación como componente esencial para que, de lo individual a lo colectivo, se pueda promover una práctica transformadora de las estructuras sociales. En este contexto, el concepto de esfera pública, del propio Habermas (1999), se concibe a la vez como un proceso de deliberación del público y como la arena, o el espacio, en que ésta ocurre. Aquí se debe tener presente que los diferentes actores involucrados en la CPCT llegan a esta arena con agendas propias para tratar de incidir en el proceso de construcción social de la ciencia y tecnología.

La idea de fondo en el modelo de CCCP gira en torno de tomar en cuenta a diferentes actores sociales para orientar o legitimar la toma de decisiones en materia de ciencia y tecnología. Las iniciativas en este sentido por lo general son promovidas de arriba hacia abajo, desde gobiernos, universidades o empresas, pero también resulta esencial realizarlas de abajo hacia arriba: por el empuje de personas u organizaciones con interés en los aspectos sociales de temas científicos específicos.

Aunque, en abstracto, la idea de lograr que los ciudadanos y las organizaciones sociales incidan en la ruta científico-tecnológica de sus países suena muy bien, es muy difícil que alguien se interese por lo que no conoce y luego lo transforme. Por eso es fundamental asumir la participación social como un espectro y reconocer diferentes niveles de influencia de la CPCT en las personas. A una mayor profundidad, se tendrán más elementos para involucrarse en iniciativas de reforma institucional o social, o incluso promoverlas. Es en este contexto que se presenta la propuesta del modelo PODER de la CPCT.

4. PODER: un modelo para los niveles de influencia de la CPCT

A partir de la discusión de los modelos analíticos de la CPCT, encontramos en ellos una afinidad con la vocación transformadora de la educación planteada por Freire (1972) y Wenger (1999). En el escenario de la educación no formal, y su influencia a lo largo de toda la vida de las personas, es importante tener un referente de los alcances que se pueden buscar. El modelo AEIOU (Burns *et al.*, 2003) ofrece una perspectiva de las reacciones que se pueden buscar en un proceso de CPCT, lo cual se manifiesta de forma inmediata; pero los mismos autores reconocen la naturaleza personal y de largo plazo de muchos de los resultados de la CPCT, con la dificultad de reconocimiento y evaluación que implica. Aun así, se puede construir una opción para identificar los

efectos de programas de trabajo sistemático (revistas, clubes de ciencia, programas de radio y tv, plataformas en redes sociales, etc.) que, con un mayor seguimiento, pueden incidir en las vidas y entornos de sus participantes. Esto representa el poder que podemos encontrar en la CPCT.

Para Bourdieu (2003) el poder simbólico es la capacidad de construir la realidad, de hacer que determinadas clasificaciones, lenguajes o visiones del mundo sean reconocidas como legítimas. Las personas pueden encontrar poder en la medida que sus intereses, necesidades y visiones del mundo puedan contribuir a lo que cuenta como normal o válido en el ámbito de la CPCT. De forma complementaria, Foucault (1988) define el ejercicio del poder como un modo de acción sobre las acciones de los demás. Así, el poder no es algo que se posee sino una relación que opera en la práctica de incidir en el campo de acción de otros. Justo se trata de promover cierta influencia, en diferentes niveles, en las personas y la sociedad.

La construcción de esta propuesta analítica tomó como base la literatura que hemos revisado previamente y se articuló con 30 años de experiencia práctica en la CPCT, específicamente trabajando en el ámbito de museos, talleres de ciencia recreativa, conferencias, programas de radio, publicaciones periódicas y libros.

Al presentar el modelo PODER, se usa un acrónimo que representa la capacidad de influir en la visión de la realidad y la capacidad de acción de las personas, en aras de lograr un impacto de la ciencia y tecnología en diferentes ámbitos de su realidad. Todos los niveles que lo conforman contemplan un estrecho vínculo con el contexto del público, mientras que representan situaciones cada vez más profundas de influencia en la vida de los individuos y la sociedad:

1. Placer. Construir un vínculo lúdico-emocional al abordar los temas por diversión.
2. Orden. Comprender los fenómenos abordados y vincularlos con la realidad personal.
3. Decisión. Desarrollar una capacidad crítica para realizar juicios informados.
4. Experiencia activa. Integrar nuevas prácticas o comportamientos en su vida diaria.
5. Reforma. Promover un cambio social o institucional, impactando así a otras personas.

Se trata de una caracterización de situaciones en las que aparece una creciente influencia en las personas. Cada nivel implica una incidencia más profunda que el anterior, pero esto no debe interpretarse asignando un valor superior de unos sobre otros; todos tienen relevancia dentro del modelo. Si bien el modelo puede abordarse como un continuo, con casos en que es posible una transición de la emoción, a la participación y la agencia¹ transformadora con impacto social, se debe tener claro que habrá casos en que se salten niveles. En los siguientes apartados se detalla en qué consiste cada uno de ellos, cuáles son sus fundamentos teóricos y se ofrecen referentes específicos para identificarlos. Además, con la idea de ofrecer un vínculo empírico inicial, en el que se profundizará en futuros trabajos, se citarán ejemplos representativos de cada caso.

¹ Aquí se entiende la agencia en el sentido planteado por (Giddens, 1997): la capacidad de las personas de hacer cosas que transformen la sociedad en relación con sus necesidades y la apreciación de las necesidades del mundo exterior.

4.1. Placer: punto de partida emocional

La CPCT es una actividad voluntaria: las personas participan por decisión propia, aunque siempre con influencia de su entorno, motivadas por sus intereses y los asuntos que consideran valiosos (Falk & Storksdieck, 2010). En la CPCT es muy valioso emocionar al público, despertando curiosidad, fascinación y diversión, para que disfrute el proceso y quiera mantenerse involucrado (Liu & Falk, 2014). Antes de promover aprendizajes, este punto de partida considera que la mayor virtud de un educador radica en la capacidad de contagiar la pasión por el proceso que desarrolla y el tema en cuestión. Este argumento coincide plenamente con lo planteado por (Burns *et al.*, 2003) al señalar que el deleite (*enjoyment*), junto a otras respuestas afectivas, puede evocar sentimientos y actitudes que lleven a encuentros más profundos con la ciencia.

En contraste, es importante tener en cuenta que existen procesos que pueden resultar contraproducentes: en algunos casos las personas reconocen el valor de la ciencia pero consideran que las actividades son repetitivas, poco interesantes o desconectadas de su realidad (Osborne & Collins, 2001); también hay situaciones en que las iniciativas, por su alto costo, su perspectiva o forma de trabajo, resultan excluyentes para algunos sectores y terminan por distanciarlos (Dawson, 2014, 2017; Humm *et al.*, 2020). A lo anterior se agregan los sesgos específicos que pueden traer ciertos actores en las actividades que llevan a cabo. Todo esto puede generar desagrado hacia la ciencia, en general, o los procesos de CPCT de la ciencia en particular.

Aquí se debe reconocer el papel fundamental que desempeñan las emociones de los participantes en el aprendizaje, como un catalizador de motivación e interés (Davies *et al.*, 2019); entre más intensas sean, mejores y más duraderos serán los resultados (Negrete, 2008). Entonces, es esencial emocionar al público, provocando reacciones positivas como sorpresa, curiosidad, diversión, alegría, para lograr su participación decidida y comprometida; e incluso aspirar a motivar nuevos encuentros. Con esto en mente, se pueden integrar algunas recomendaciones para lograr placer como primer nivel de influencia —y posible atractor— en las actividades de CPCT.

Desarrollar actividades recreativas que ofrezcan desafíos, e incentivos, para involucrar a las personas de forma integral (física, intelectual y emocional) a la vez que den significado a los temas que se abordan (García-Guerrero & Lewenstein, 2022). Puede tratarse de dinámicas individuales, pero es preferente que realizar procesos colectivos que comprometan más la emoción y la participación activa.

Integrar historias significativas, en las que se aprovechen tanto el pensamiento paradigmático como el narrativo para articular los aspectos técnicos y sociales de los temas científicos abordados (Bruner, 1991; Negrete, 2008). No sólo le brinda sentido a los asuntos científicos, sino que puede ayudar a lograr poderosas respuestas emocionales para fortalecer el vínculo de los participantes con el proceso (Negrete, 2008). Cabe destacar que, al integrar recursos narrativos, las emociones no siempre tienen que ser positivas, como la alegría, diversión, fascinación, curiosidad o sorpresa, también se pueden construir vínculos importantes a partir de la ira, el miedo, la tristeza o el asco. La clave radica en lograr una conexión intensa con las personas.

Realizar interacciones prácticas en las que se resalte el vínculo de la ciencia con otros elementos culturales (Davies *et al.*, 2019), como arte o deporte, para cautivar al público mediante diversos elementos atractivos o interesantes en ámbitos que les sean personalmente relevantes.

En última instancia, se debe considerar la base del placer como impacto emocional que sirve de atractor e incentivo de retorno. Puede considerarse superficial para un impacto significativo en el marco de la educación para toda la vida y la cultura científica, sin embargo, su mayor relevancia se encuentra en el rol de puerta de entrada para niveles más profundos de influencia en la vida de las personas.

Elementos distintivos del placer en la CPCT:

- a) El público participa por elección propia, por diversión.
- b) Se despiertan emociones gancho: sorpresa, curiosidad, fascinación y diversión.
- c) Hay desafíos para los participantes a través de juegos o preguntas detonadoras.
- d) Las personas viven experiencia integral: a nivel físico, intelectual y emocional.

Ejemplos representativos: El *Exploratorium*² de San Francisco es un caso paradigmático de un museo de ciencias centrado en la experiencia placentera para atraer al público; su influencia ha sido extendida a numerosos centros de ciencias en todo el mundo. Por otro lado, la filosofía de la Red Mexicana de Ciencia Recreativa³ (García-Guerrero *et al.*, 2022), que agrupa a organizaciones dedicadas al desarrollo de talleres, demostraciones, juegos, charlas y puestas en escena, toma el placer como punto de partida para su labor.

4.2. Orden: organizar y contextualizar conceptos científicos en su realidad

Asimov (1977), refiriéndose a la naturaleza humana, señaló que al principio todo era curiosidad: ese deseo abrumador de saber o resolver la incertidumbre, que nos lleva a averiguar más sobre las cosas que nos rodean. La ciencia se ha desarrollado, entonces, como el conjunto de métodos, conocimientos y valores (Merton, 1973) que nos permite entender, explicar y predecir lo que ocurre en fenómenos específicos de la realidad; ofrece condiciones para darle orden a las vivencias de las personas. El propio Merton (1973), al caracterizar los hallazgos científicos como un bien común, destaca la importancia de que no se restrinjan al interior de las comunidades de expertos, sino que se puedan llevar a círculos sociales cada vez más amplios y diversos. En el afán de compartir la ciencia con diferentes sectores, entra en acción la dimensión de la CPCT como promotora de aprendizaje a lo largo de toda la vida.

Aquí debemos considerar que las personas se involucran en la CPCT con un cúmulo de experiencias y conocimientos que dan forma a lo que saben, sus habilidades, intereses y motivaciones (Falk & Storksdieck, 2010). El aprendizaje que se puede promover desde la CPCT resulta de la interacción de estos elementos previos con nuevas experiencias y conocimientos en un proceso de recontextualización (Alcibar Cuello, 2004) en el que las teorías científicas —como modelos del mundo— sirven de guías para reinterpretar los fenómenos y la forma de relacionarnos con ellos (Olivé, 2006).

Aparece así un aspecto central en el aprendizaje en ambientes no formales, ayudar a dar un nuevo orden al pensamiento: lograr una perspectiva que le da sentido y significado a las cosas a nuestro alrededor. Aquí se encuentra una coincidencia con la quinta reacción que se plantea en el modelo AEIOU: ubicar (*understanding*) la ciencia

² <https://www.exploratorium.edu/>

³ <https://recreacionencadena.com/>

en su realidad en cuanto a contenido, procesos y factores sociales (Burns *et al.*, 2003). Aunque con frecuencia los procesos de CPCT tienen un fuerte énfasis en los fenómenos y conceptos que buscan abordar con su público, también es necesario contemplar la dimensión epistemológica que ayuda a entender las dinámicas de la ciencia, así como elementos históricos, polémicas e incertidumbres en su labor. Son aspectos que la ubican en un escenario social más amplio, dándole una mayor relevancia a la ciencia y fomentando en los participantes una identidad con ciertos aspectos de su labor.

La clave está en la negociación de significado, que en el fondo es la esencia de toda comunicación (Burns *et al.*, 2003); por eso para la CPCT son esenciales los procesos en que experimentamos nuestro mundo y nuestra participación en él como significativos (Wenger, 2011). A esto nos referimos cuando planteamos el orden como un nivel de impacto asociado al aprendizaje en la CPCT.

Y es que hablar de orden reconoce el hecho de que todo proceso de aprendizaje se debe considerar situado y contextual; creando significado desde las actividades de la vida diaria (Liu & Falk, 2014). En este sentido los procesos de CPCT deben buscar vincularse con las realidades directas y las necesidades específicas de las personas involucradas, identificando ciencia y tecnología como poderosas herramientas a su servicio; lo cual conecta con los niveles de influencia que abordaremos más adelante.

Factores clave del Orden en la CPCT

- a) Las personas identifican y comprenden conceptos científicos en su contexto.
- b) Se entiende la ciencia de forma amplia: con sus procesos, productos y valores.
- c) Los fenómenos tienen sentido, significado y aplicación en la realidad del público.
- d) Las personas reinterpretan su identidad en función de su relación con la ciencia.

Ejemplos representativos: La icónica serie *Cosmos*⁴, de Carl Sagan, brinda un referente claro de la búsqueda de comprensión que brinde orden a las experiencias de las personas en relación con el conocimiento científico considerado válido. También puede considerarse aquí un libro como *El universo elegante* (Greene, 2018), en el que se aborda nuestro lugar en las diferentes escalas del Universo y los actuales esfuerzos por conciliar la teoría cuántica y la relatividad general. Con una perspectiva más local e interactiva, el trabajo de los clubes de ciencia aprovecha las ventajas de un seguimiento sistemático para que sus participantes alcancen este orden (García-Guerrero & Esparza-Manrique, 2024).

4.3. Decisión: dar perspectiva científica y crítica a los juicios personales

Hasta ahora se ha construido una visión, con el placer y el orden, en la que el público se va apropiando de la ciencia sin que todavía ésta incida de forma directa en sus vidas. Para alcanzar el siguiente nivel de influencia de la CPCT, debemos considerar la capacidad de decidir en aspectos trascendentes para el día a día de las personas.

En este terreno, la CPCT puede plantearse la misión de permitir a individuos y grupos sociales ejercer su capacidad de decisión y negociación respecto a la ciencia, su gestión y el papel que desempeña en sus vidas (Guevara, 2015). Va mucho más allá de

⁴ Véase: <https://cosmicperspective.com/carl-sagan-cosmos/>.

entender las cosas, implica la capacidad de apropiar y aprovechar el conocimiento, decidiendo de forma autónoma qué prácticas desea modificar, así como el sentido en que acepta cambiarlas y cuáles no quiere alterar (Olivé, 2006).

Esta capacidad de discernir cobra especial importancia cuando la información científica confiable compite con un sinfín de noticias falsas y creencias sin fundamento. Al ser casi ubicua, la información errónea afecta las decisiones de las personas en temas tan sensibles como la salud (Dan & Dixon, 2021).

Una primera decisión que pueden tomar las personas es detener el flujo de falsedades. Para esto es fundamental el pensamiento crítico, con base en la comprensión de la ciencia, sus procesos y avances, para discernir entre fuentes confiables y aquellas que no tienen un respaldo verificable. A partir de ahí, se puede contener la 'infodemia' (Dan & Dixon, 2021) al no compartir información sin fundamento o, más aún, combatirla al aclarar publicaciones que propagan ideas erróneas.

Aquí se debe tener presente que las personas rara vez deciden únicamente desde una perspectiva lógica y racional, por lo general se comportan como avaros cognitivos: en vez de procurar la información disponible para una comprensión profunda de los avances científicos, se toman atajos intelectuales para formar su opinión y tomar decisiones (Nisbet & Scheufele, 2009). La influencia puede venir desde la identidad política, religiosa o ideológica, que marca un referente para cómo se interpretan las cosas. Un segundo aspecto fundamental es la confianza en personas cercanas, o en figuras públicas, que puede orientar la postura para la toma de decisiones; factor exacerbado por los medios de comunicación y las redes sociales (Nisbet & Scheufele, 2009).

La investigación sobre el comportamiento de avaros cognitivos nos ayuda a entender que, con frecuencia, las personas tienen un apego emocional a sus creencias por más que se ofrezcan datos que prueben que son erróneas (Toomey, 2023). Hay que añadir el hecho de que no es fácil aceptar que estamos equivocados (Dan & Dixon, 2021), especialmente cuando la corrección viene desde una postura que, aunque sea científica, puede percibirse como sesgada, parcial o autoritaria. Alcanzar un cambio conceptual, de la mano de una perspectiva crítica, requiere que las personas quieran cambiar: y puede lograrse a través de un vínculo emocional con los temas científicos relevantes (Swenson & Marson, 2024), constituido desde elementos narrativos, lo que nos vincula con el nivel de placer; o bien mediante un conflicto interno entre las ideas de las personas y la realidad que enfrentan (Vosniadou, 1994), que se relaciona con el orden.

Otro objetivo aquí sería lograr que una mayor participación, comprensión y deliberación en temas científicos les brinde a las personas las condiciones para tomar decisiones de forma crítica e informada acerca de asuntos como nuevas tecnologías. Ya sea en el consumo de organismos modificados genéticamente, las vacunas y tratamientos para enfermedades emergentes, el uso de cosméticos con nanotecnologías, la instalación de celdas fotovoltaicas en casa, la elección de un nuevo teléfono o las prácticas de automedicación, por mencionar algunos ejemplos, las personas cotidianamente enfrentan decisiones que requieren una base de información confiable.

De esta manera, la promoción de una comprensión y reflexión de temas científicos para una toma de decisiones informada es un elemento esencial en el que la CPCT puede influir en el bienestar humano.

Elementos fundamentales de Decisión en la CPCT:

- a) Las personas logran identificar fuentes confiables de información científica.
- b) El público construye una perspectiva crítica de su realidad.
- c) Se argumentan implicaciones personales y sociales de decisiones.
- d) Capacidad de elección con base en evidencia científica y experiencias personales.

Ejemplos representativos: La *Nanoscale Informal Science Education Network*⁵ (NISE Net), que trabajó en Estados Unidos entre 2005 y 2015, representó un esfuerzo por dotar al público de capacidad de decisión –con cierto sesgo hacia la validación– ante la emergencia de las nanotecnologías. En México, entre 2017 y 2018, la iniciativa de *Agenda Ciudadana en Ciencia, Tecnología e Innovación*⁶ buscó conocer las demandas de la sociedad frente a las políticas públicas; para esto se realizaron acciones de CPCT para esclarecer los principales aspectos considerados, de modo que los participantes pudieran expresar cuáles consideraban prioritarios.

4.4. Experiencia activa: emprender nuevas prácticas en la vida cotidiana

La perspectiva transformadora de la educación para toda la vida que suscribe este trabajo no se limita a un cambio de visión del mundo, implica motivar a que las personas se activen: pongan en práctica cosas que antes no hacían. Se trata de una necesaria relación dialógica en que la reflexión verdadera conduce a la acción (Freire, 1972), evitando el verbalismo (sin base empírica) o el activismo (sin pensamiento). De igual manera, la idea de abrir nuevas formas de ser (Wenger, 1999) implica funciones inéditas de experiencia activa. En este sentido, llegamos a un nivel de influencia con la CPCT como impulsora de nuevos procesos en la vida de las personas.

Las acciones nuevas pueden ir desde empezar a hacer ejercicio, cuidar el consumo de agua y promover ahorros de electricidad, hasta plantar árboles, adoptar un perro, donar sangre o cuidar más las horas de sueño. Por supuesto, también incluye la motivación a participar en programas recurrentes para acercarse a la ciencia, como clubes o sociedades de aficionados (*Burke & Navas Iannini, 2021; García-Guerrero et al., 2019*). La clave radica en que se lleva la decisión a nuevos planos de la realidad de las personas.

Si la nueva acción se desarrolla en un marco grupal, entran en juego las comunidades de práctica: a partir de la participación periférica legítima, las personas gradualmente adquieren conocimientos y habilidades en un aspecto particular que les resulta de interés (Wenger, 2011). En estos espacios se construye una identidad al aportar cosas nuevas y valiosas a los compañeros, mientras se desarrolla un sentido de pertenencia al grupo al asimilar su esencia (Wenger, 1999).

Desde la perspectiva ideal de la cultura científica, la CPCT se orienta a formar ciudadanos que integran la ciencia y tecnología de forma relevante para su realidad (Brossard & Lewenstein, 2009). Sin embargo, esta labor no se desarrolla de forma neutral; como ya mencionamos anteriormente, las organizaciones y personas que promueven y desarrollan las iniciativas de CPCT están inmersas en un entramado de

⁵ <https://www.nisenet.org/nano>

⁶ <https://www.foroconsultivo.org.mx/FCCyT/proyectos/resultados-de-la-consulta-ciudadana-de-cti-en-m%C3%A9xico-2018>

intereses para legitimar (o cuestionar) ciertas perspectivas, instituciones o avances (Joly & Kaufmann, 2008; Lock, 2011). En este marco, resulta relevante la perspectiva de CCCP que toma en cuenta la complejidad del desarrollo de la ciencia en sociedad (Alcíbar, 2015).

En un sentido de mayor apropiación entra en escena la ciencia ciudadana, en la que personas no especializadas contribuyen al desarrollo de proyectos de investigación en colaboración con científicos o guiados por ellos (De Cózar Escalante & Gómez-Ferri, 2022): ya sea recopilando datos, aportando experiencias o conocimientos locales, así como procesando información.

Otra vía relevante de experiencia activa se encuentra en el fomento de vocaciones en las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). Un individuo que decide realizar estudios en estas áreas establece un compromiso formativo. Claro que, en este caso, ya se trata de un cauce que se sigue a través de la educación formal; aunque podemos identificar un claro vínculo con la CPCT a través de estudios que destacan la influencia de la CPCT en la elección de carreras en campos STEM (García-Guerrero *et al.*, 2019; Imarraine & Ortiz, 2025).

Estas y otras nuevas identidades científicas implican un empoderamiento, en la medida que las personas alcanzan una capacidad transformadora en la que su conocimiento emerge y se desarrolla a través de interacciones con su ambiente. Así, los individuos reinterpretan los fenómenos cotidianos para aplicar sus conocimientos y habilidades en la interacción de sus prácticas con el mundo (Kim & Dopico, 2016).

Todo esto refuerza el sentido de identidad, ya que la acción con base científica permite a la persona entenderse como alguien capaz de aprovechar la ciencia en su realidad. Esto puede echar a andar círculos virtuosos, con visión a futuro, en cuanto a identificar y aprovechar las aperturas de identidades respecto a lo que los individuos pueden llegar a ser a través de la práctica (Burke & Navas Iannini, 2021; Wenger, 1999).

Aspectos distintivos de Experiencia Activa en CPCT:

- a) La persona identifica situaciones en que la ciencia puede ayudar a mejorar su vida.
- b) Se realiza una nueva práctica que articula reflexión y acción.
- c) Las actividades refuerzan la comprensión de la realidad de los participantes.
- d) Existe un vínculo significativo de las prácticas con elementos científicos.

Ejemplos representativos: El libro *La solución de los telómeros* (Blackburn & Epel, 2017) ofrece al público un panorama del efecto del desgaste de los telómeros, los extremos que protegen los cromosomas, para la salud de los seres vivos; pero el material no se limita a eso, brinda además elementos de diagnóstico indirecto y sugerencias de hábitos importantes a desarrollar para mejorar las perspectivas de salud general a largo plazo. En 2019 UNICEF lanzó la campaña #LasVacunasFuncionan⁷ para dar a conocer el poder y seguridad que ofrecen las vacunas, así como promover su uso ante las crecientes campañas de desinformación que empezaron a reducir los índices de vacunación a nivel global.

⁷ Véase: <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/unicef-presenta-la-campa%C3%B1a-lasvacunasfuncionan-para-fomentar-el-apoyo-las>.

4.5. Reforma: rumbos de transformación social

Los primeros cuatro niveles son sumamente valiosos, pero es necesario destacar que su enfoque está centrado a nivel individual. El quinto nivel cobra una mayor importancia en la medida en que, a partir de la influencia de procesos de CPCT, la persona trata de hacer una diferencia en la vida de otras personas. Tal iniciativa puede surgir de la empatía con los demás, en busca de que se beneficien de algún aspecto de la ciencia y tecnología, o bien por una convicción profunda de construir un mundo mejor a través de la apropiación social del conocimiento científico y tecnológico. En todo caso se trata, sin duda, de maximizar la interacción entre ciencia, tecnología y sociedad.

Y es que la ciencia y tecnología se desarrollan con la sociedad, no podemos entenderlas sin entender las condiciones sociales que las producen; así como las condiciones científicas y tecnológicas que, simultáneamente, moldean la sociedad (Alcíbar, 2015; Lewenstein, 2010). La conciencia de esta situación puede llevar a que las personas traten de promover reformas necesarias en su contexto. Este sería el nivel más profundo de influencia que puede alcanzar la CPCT.

Con la perspectiva de reforma, en tanto a transformación social, regresan a escena los argumentos de la escuela sociocrítica de la educación que vimos asociados a la CCCP. Aunque las ideas de Giroux (2001) se referían a escuelas y maestros, podemos extenderlas a la CPCT entendida como un escenario político que representa formas de conocimiento, valores y relaciones sociales que legitiman o retan formas particulares de poder (Giroux, 2001).

Aquí es cuando podemos decir, parafraseando a Freire (1972), que la CPCT no cambia al mundo pero puede ayudar a formar a las personas que van a cambiar el mundo. Y justo en esta idea, la concientización que viene de la CPCT no puede existir fuera del marco acción-reflexión que constituye el modo de ser o de transformar el entorno que caracteriza a las personas como seres históricos. El nivel y los alcances de las reformas se dejan deliberadamente amplios: hay cambios que para muchos pueden parecer irrelevantes, pero que para quienes los promueven tienen gran trascendencia.

Cuando una persona identifica algo que desea cambiar, establece la relación entre el estado de cosas existentes y la intención de promover una reforma para lograr la existencia de la situación deseada (Habermas, 1999). En este sentido las personas se asumen como agentes de cambio, con capacidad de transformar –al menos en cierto nivel– las estructuras sociales (Giddens, 1997). Así, el abordaje de asuntos relevantes para las vidas de las personas puede impulsar la colaboración entre individuos, organizaciones comunitarias y profesionales de la CPCT para promover un cambio social.

No se trata de sólo dar pie a una gobernanza de la ciencia y tecnología, sino de crear escenarios más amplios en los que la comprensión de su realidad motive a las personas a incidir en decisiones que tengan que ver con regulaciones de nuevos productos, políticas de salud u otros aspectos en que el conocimiento científico sea relevante (Glerup & Horst, 2014). Resulta fundamental, en aras de una transformación en que las decisiones respondan a la sociedad, mantener una postura crítica ante la posibilidad de que las demandas sociales no sean tomadas en cuenta (Joly & Kaufmann, 2008), promoviendo la legitimidad de una influencia real en procesos de abajo hacia arriba.

Aquí es necesario destacar la doble obligación de la CPCT que señala Alcíbar (2015): por una parte informar y educar al público y, por otra, explorar y criticar a la ciencia

(como institución social). Y va de la mano de otra dualidad, entre el entusiasmo que pueden generar los logros de la ciencia y tecnología y la suspicacia que provocan algunas de sus aplicaciones (Alcíbar, 2015). Claro que aquí el análisis se extiende más allá de la labor científica, para aprovechar el conocimiento en críticas transformadoras de diferentes ámbitos de la realidad social.

Si bien un individuo –especialmente si se encuentra en una situación de poder– puede ser suficiente para lograr reformas en un asunto particular, por lo general es necesaria una iniciativa colectiva para lograr un cambio sustancial. Lo anterior puede ocurrir desde organizaciones de la sociedad civil o bien a través de grupos informales decididos a la acción, ya sea al llegar a tomadores de decisiones o sumando un mayor respaldo social a sus propuestas.

En cualquiera de estos casos entra en juego la cultura científica comunitaria (CCC), que De Cózar Escalante & Gómez-Ferri (2022) definen como la situación en que un conjunto de personas realiza de forma cooperativa una búsqueda de información y construcción de conocimientos, ante un determinado problema, interactuando de manera frecuente y, más o menos intensa, entre ellos y ellas. A grandes rasgos, se trata de comunidades de práctica (Wenger, 1999) con el objetivo específico de usar conocimiento científico como motor de transformación. Esto implica contar con tres condiciones para generar una CCC (De Cózar Escalante & Gómez-Ferri, 2022):

- i. Disponer de recursos científicos (conocimientos, habilidades, etc.), ya sea con la capacidad de adquirirlos o generarlos.
- ii. Producir, compartir, distribuir y organizar dichos recursos eficazmente.
- iii. Estar en condiciones de llevar a cabo, mediante su compromiso con la acción comunitaria, las acciones necesarias para obtener los resultados perseguidos.

Existe una amplia variedad de experiencias de participación social que promueven reformas desde este tipo de comunidades, con casos de activismo, movilización social, ciencia ciudadana y ciencia abierta (De Cózar Escalante & Gómez-Ferri, 2022; Vicente-Saez & Martínez-Fuentes, 2018). Y, por supuesto, hay otra actividad específica que puede considerarse como motor de reforma: la propia CPCT. Cuando alguien decide colaborar en iniciativas de este ámbito, para ayudar a que otras personas entiendan su realidad de forma distinta y puedan pensar en transformarla, también se está colaborando en esa dualidad acción-reflexión que con cada participante busca transformar el mundo (Freire, 1972).

Factores clave para la Reforma en CPCT:

- a) Asumir perspectiva crítica de la realidad social, identificando aspectos a mejorar.
- b) Se toman elementos científicos como base para incidir en la vida de otras personas.
- c) Empezar iniciativas (o sumarse a las existentes) para transformar la sociedad.
- d) Colaborar con diferentes actores sociales para articular reformas con base científica.

Ejemplos representativos: En 2024 *El Viento Estudio* inició el desarrollo del documental *A tooth unfairy story*⁸, en el que se aborda la investigación sobre la contaminación por metales pesados resultado de la actividad minera en una comunidad del desierto de Atacama, en Chile, en la que se estudian muestras de dientes de leche de niños locales para identificar la presencia de arsénico y mercurio. La producción no sólo da cuenta de los hallazgos sobre el grave impacto en la población local, además muestra cómo se promueve una comprensión del problema para involucrarla en una reforma que resguarde su salud y la de su entorno. El *Public Lab*⁹, relacionado con la *Association of Science and Technology Centers* (ASTC), es una red colaborativa de ciencia comunitaria que apoya a comunidades para investigar problemas ambientales que les afectan directamente; brinda herramientas accesibles de monitoreo, documentación y producción de evidencia.

5. Discusión

El modelo PODER, como propuesta para caracterizar los niveles de influencia de la CPCT, surgió al cuestionar si todo proceso debe aspirar a un impacto individual y social profundo; destacando la relevancia de otros aspectos en los que se puede ser parte de la vida de las personas. Al considerar una base recreativa, en el placer, se puede evitar el riesgo de únicamente ver a la ciencia y tecnología desde una postura instrumental o de caer en una politización excesiva que puede ser compleja o tensa para muchas personas. En este afán, los niveles que se proponen no deben considerarse como una secuencia obligatoria; representan un gradiente analítico para caracterizar la profundidad de la influencia, considerando que en función del contexto de las personas involucradas se pueden saltar niveles o bien cambiar el orden en que se alcanzan.

Las categorías en el modelo ilustran diferentes ámbitos en que se puede construir la relación personal, en un marco de cultura científica, con diferentes aspectos de la ciencia y tecnología. El acrónimo refleja la intención de ofrecer a las personas elementos para una mayor agencia en diferentes ámbitos de su vida. Así, se aplica a la CPCT la idea del poder como la acción intencional en la que los agentes movilizan recursos para conseguir resultados deseados (Giddens, 1997). La clave aquí es que dicho rol no se limita a quienes promueven los procesos de CPCT, aunque también lo ejercen, sino que abre la posibilidad de llevar el poder a todas las personas involucradas en aras de potenciar lo que Giddens (1997) denomina la capacidad transformadora de la acción humana.

Es importante destacar que el modelo no considera intrínsecamente una valoración positiva o negativa de la influencia de la CPCT, simplemente se toma en cuenta la incidencia que puede llegar a tener en la vida de las personas. Puede ser que coincida con una búsqueda de educar al público para que sea libre, responsable y esté bien informado, o que caiga en casos de persuasión con propaganda para que apruebe, respalde y consuma ciertas perspectivas y productos (Larrión, 2017). Así, su abordaje analítico permite integrar discusiones sobre sesgos, tensiones, contradicciones y otros conflictos que surgen de los intereses de las personas y organizaciones que promueven las iniciativas de CPCT. Si bien pueden existir casos en que la influencia permita a las personas tomar las riendas de su destino con base en elementos científico-tecnológicos, también habrá situaciones en que la manipulación –aún con bases de conocimiento considerado válido– haga que el PODER sirva a otros intereses.

⁸ <https://www.documentary-campus.com/training/silbersalz-institute/2024/tooth-unfairy-story>

⁹ <https://communityscience.astc.org/resources/public-lab/>

Los niveles del modelo PODER caracterizan, entonces, los ámbitos en los que la CPCT puede habilitar dicha capacidad transformadora. En la **Tabla 1** se sintetizan los aspectos considerados:

Tabla 1. Niveles de influencia de la CPCT en las personas y la sociedad

Placer P	Orden O	Decisión D	Experiencia Activa E	Reforma R
Vínculo emocional	Comprensión contextual	Juicio Informado	Nuevas prácticas en la vida diaria	Transformación social
Deleite, curiosidad, motivación inicial	Relación con la realidad personal	Elecciones informadas con visión crítica	Cambio de hábitos, participación en espacios científicos	Acción colectiva con incidencia pública
Nivel de influencia en la vida personal y social				
Básico	Moderado	Medio	Alto	Muy Alto

Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que, aunque hasta cierto grado los primeros niveles pueden lograrse a través de procesos cortos o contactos iniciales, la concreción de los diferentes aspectos –sobre todo los dos últimos– requiere de una participación recurrente como las que pueden ocurrir en clubes de ciencia, la lectura frecuente de contenido científico, el seguimiento de canales de divulgación en redes sociales o la participación en iniciativas de ciencia ciudadana.

Se puede identificar una clara distinción entre modelos previos, que analizan la CPCT desde la forma en que se relaciona con el público o las reacciones que busca detonar, y esta propuesta centrada en qué tanto influye la CPCT en las personas (**Tabla 2**).

Tabla 2. Aspectos considerados por diferentes modelos de CPCT

Modelos	Aspectos que clasifican
Déficit – Diálogo – CCCP	Formas de relación entre ciencia y público
AEIOU	Reacciones inmediatas que se buscan en el público desde la CPCT
PODER	Nivel de influencia de la CPCT en la vida personal y social

Fuente: elaboración propia.

Para profundizar en el análisis, es necesario contrastar los supuestos centrales de cada modelo, la relación que se establece entre comunicadores y público, el rol del público tanto en los procesos de CPCT como en el escenario más amplio de la ciencia en sociedad, los impactos que se pueden lograr con los procesos que se llevan a cabo, el plazo temporal para lograr estas cosas y, finalmente, hasta dónde se cree que puede llegar la influencia de la CPCT. La **Tabla 3** nos ayuda a hacer la comparación de los puntos.

Tabla 3. Comparación detallada de características de distintos modelos de la CPCT

Modelo	Déficit	Diálogo	CCCP	AEIOU	PODER
Supuesto central	El rechazo a la ciencia y tecnología es por falta de conocimiento del público	La interacción entre público y divulgador mejora la comprensión mutua	La ciencia es una institución social que debe analizarse críticamente	La CPCT puede promover diferentes reacciones en el público	La CPCT puede influir progresivamente en las personas y la sociedad
Tipo de relación entre ciencia y público	Unidireccional de expertos a público	Bidireccional entre expertos y público	Multidireccional: actores sociales diversos	Variable, según el diseño del proceso	De vínculo emocional a acción sociopolítica
Nivel de agencia del público	Bajo: público es sólo receptor	Medio: participación deliberativa	Alto: participación reflexiva y crítica	De bajo a medio: desde enterar al público de que existe un tema, hasta lograr entenderlo	Progresivo: entre la diversión (bajo) y la transformación social (muy alto)
Impacto esperado	Apreciación de la ciencia, aumento de conocimientos	Comprensión contextualizada y discusión de temas científicos	Deliberación pública, cuestionar estructuras de ciencia y tecnología	Advertir, Encantar, Interesar, Opinar y Ubicar	Placer, Orden, Decisión, Experiencia activa, Reforma
Alcance temporal	Corto plazo	Corto a mediano plazo	Mediano a largo plazo	Inmediato a corto plazo	De inmediato a largo plazo
Nivel máximo de influencia	Cambio cognitivo básico	Construcción compartida de significado	Transformación social y política	Comprensión y actitud informada	Cambio personal y social a través de acción colectiva

Fuente: elaboración propia.

La clave esencial que distingue al modelo PODER, respecto a los otros planteados, está en la capacidad de presentar un panorama integral de las condiciones que ayudan a una persona a constituirse en agente de transformaciones en varios niveles. Se parte de la construcción de relaciones personales significativas con distintos aspectos de ciencia y tecnología, las cuales van desarrollando conexiones con elementos de la vida individual y colectiva. Así, se llegan a identificar aspectos en que se puede decidir o en los que incluso se desea promover un cambio; guiando los procesos del conocimiento a la acción, con las condiciones de influencia social que se destacan desde las visiones sociocríticas de la educación (Freire, 1972; Giroux, 2001; Habermas, 1999).

El modelo muestra un importante potencial para servir de referencia en la definición de objetivos, analizar iniciativas (concluidas o en proceso) y ayudar a construir indicadores para la evaluación de procesos sostenidos de CPCT; lo cual se puede aprovechar en programas sistemáticos, como clubes, publicaciones o generación de contenido digital. Su virtud, en este sentido, se encuentra en la caracterización clara de condiciones para cada nivel de influencia.

Por supuesto, es importante considerar los límites intrínsecos de la propuesta. Como todo modelo, implica una simplificación de la realidad y nunca se le debe poner por encima de ésta. Las ideas que se plantean surgen de la retroalimentación entre teoría y práctica de la CPCT, con lo que se logró construir un modelo descriptivo para los niveles de influencia; no se debe tomar como un referente normativo de lo que “se tiene” que promover, en términos de una causalidad lineal, sino como un instrumento de apoyo para un trabajo efectivo con el público.

Finalmente, en lo que compete al trabajo para consolidar el modelo, es necesario continuar con una validación empírica más profunda. Será necesario aplicarlo en distintos escenarios: como herramienta analítica para abordar estudios de caso, como referente para el desarrollo de estrategias de CPCT o incluso en un rol de instrumento base para indicadores de evaluación. Sólo a través de su aplicación práctica se podrá identificar su relevancia y utilidad efectivas para el trabajo de CPCT.

Conclusiones

El modelo PODER replantea la CPCT no como un asunto de transmisión o interacción, sino como un espectro progresivo de influencia en la relación de las personas con la ciencia, su capacidad de agencia y transformación social. Aquí se debe reiterar que no se trata de una propuesta normativa sino de un gradiente analítico para apoyar la planeación, el desarrollo y la evaluación de los procesos de CPCT.

Un factor común, latente en los diferentes niveles, se encuentra en la intencionalidad de la agencia que se promueve desde la CPCT y que se busca promover en las personas involucradas en sus procesos. No se trata de entender los temas abordados desde un proceso de adoctrinamiento, en que se aspira a que las personas entiendan todo de la misma manera, asuman posturas semejantes y se encaminen a una dirección particular de transformación individual y social. Hay un afán de empoderar a las personas al acercarlas a la ciencia y tecnología de forma agradable (placer), desarrollar la capacidad individual de entender su realidad (orden), ser capaces de realizar juicios independientes e informados (decisión), así como promover cambios personales y sociales (experiencia activa y reforma) en función de la realidad en la que aspiran a vivir. En síntesis, se caracteriza la capacidad de la CPCT para convertir a las personas en constructoras activas de su realidad.

Como consideraciones para la práctica, al planear un programa de CPCT, se debe tener claridad del nivel de influencia que se busca lograr en el público para estructurar la estrategia en consecuencia. Para iniciativas muy ambiciosas, es necesario considerar cómo se puede trabajar en los niveles de forma que se refuercen de manera escalada hasta llegar a impulsar reformas exitosas.

En última instancia, la propuesta representa una forma de articularnos con la visión de cultura científica en la que las personas cuentan con recursos para dar relevancia a la ciencia en diferentes aspectos y niveles de sus vidas. Se logran así las condiciones para asumir una agencia transformadora desde lo inmediato e individual, hasta plazos mayores y la reforma social. Hay aquí una dosis de utopía e ingenuidad, pero ¿qué sería de la CPCT sin la aspiración de cambiar el mundo?

Claro que es necesario considerar para quién se cambia el mundo. No debe recaer en un afán de dirección ideológica, en que los niveles de mayor profundidad implican una

influencia directa sobre las posturas de las personas involucradas en los procesos de CPCT, más bien se trata de una postura liberadora en que realmente se les empodera para ejercer su agencia en función de su contexto, intereses, necesidades y preocupaciones.

Bibliografía

Alcíbar Cuello, Miguel (2004). La divulgación mediática de la ciencia y la tecnología como recontextualización discursiva. *Anàlisi: Quaderns de Comunicació i Cultura*, (31), 43-70.

Alcíbar Cuello, Miguel (2015). Comunicación pública de la ciencia y la tecnología: Una aproximación crítica a su historia conceptual. *Arbor*, 191(773), a242. DOI: <https://doi.org/10.3989/arbor.2015.773n3012>.

Asimov, Isaac (1977). *Introducción a la ciencia*. Barcelona: Editorial Plaza & Janés.

Baram-Tsabari, Ayelet & Lewenstein, Bruce V. (2017). Science communication training: What are we trying to teach? *International Journal of Science Education, Part B*, 7(3), 285-300. DOI: <https://doi.org/10.1080/21548455.2017.1303756>.

Blackburn, Elizabeth & Epel, Elissa (2017). *La solución de los telómeros: Un acercamiento revolucionario para vivir más joven, más sano y más tiempo*. Aguilar.

Bourdieu, Pierre (2003). *Language and symbolic power*. Cambridge: Harvard University Press.

Brossard, Dominique & Lewenstein, Bruce (2009). A Critical Appraisal of Models of Public Understanding of Science: Using Practice to Inform Theory. En LeeAnn Kahlor & Patricia Stout (Eds.), *Communicating Science* (11-39). Routledge. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203867631>.

Bruner, Jerome (1991). The narrative construction of reality. *Critical Inquiry*, 18(1), 1-21.

Bubela, Tania, Nisbet, Matthew C., Borchelt, Rick, Brunger, Fern, Critchley, Cristine, Einsiedel, Edna, Geller, Gail, Gupta, Anil, Hampel, Jürgen, Hyde-Lay, Robyn, Jandciu, Eric W., Jones, S. Ashley, Kolopack, Pam, Lane, Summer, Loughheed, Tim, Nerlich, Brigitte, Ogbogu, Ubaka, O'Riordan, Kathleen, Ouellette, Colin & Caulfield, Timothy (2009). Science communication reconsidered. *Nature Biotechnology*, 27(6), 514-518. DOI: <https://doi.org/10.1038/nbt0609-514>.

Burke, Lydia E. Carol-Anne & Navas Iannini, Ana Maria (2021). Science engagement as insight into the science identity work nurtured in community-based science clubs. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(9), 1425-1454. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21714>.

Burns, Terry W., O'Connor, D. John & Stocklmayer, Susan M. (2003). Science Communication: A Contemporary Definition. *Public Understanding of Science*, 12(2), 183–202. DOI: <https://doi.org/10.1177/09636625030122004>.

Coletti, Amanda, McGloin, Rory, Embacher-Martin, Kimberly, Hamlin, Emily & Turner, Meredith (2023). Examining Oral Communication Skills in Communication Training Programs for STEM Professionals: A Systematic Quantitative Literature Review. *Science Communication*, 45(6), 693-723. DOI: <https://doi.org/10.1177/10755470231202773>.

Cortassa, Carina G. (2010). Del déficit al diálogo, ¿y después?: Una reconstrucción crítica de los estudios de comprensión pública de la ciencia. *Revista iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 5(15), 47-72. DOI: <https://doi.org/10.52712/issn.1850-0013-822>.

Dan, Viorela & Dixon, Graham N. (2021). Fighting the Infodemic on Two Fronts: Reducing False Beliefs Without Increasing Polarization. *Science Communication*, 43(5), 674-682. DOI: <https://doi.org/10.1177/10755470211020411>.

Davies, Sarah R., Halpern, Megan, Horst, Maja, Kirby, David & Lewenstein, Bruce (2019). Science stories as culture: Experience, identity, narrative and emotion in public communication of science. *Journal of Science Communication*, 18(05), A01. DOI: <https://doi.org/10.22323/2.18050201>.

Dawson, Emily (2014). Equity in informal science education: Developing an access and equity framework for science museums and science centres. *Studies in Science Education*, 50(2), 209-247. DOI: <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.957558>.

Dawson, Emily (2017). Social justice and out-of-school science learning: Exploring equity in science television, science clubs and maker spaces. *Science Education*, 101(4), 539-547. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.21288>.

De Cózar Escalante, José Manuel & Gómez-Ferri, Javier (2022). Cultura científica comunitaria para una pandemia. La COVID persistente. *Arbor*, 198(806), a673. DOI: <https://doi.org/10.3989/arbor.2022.806003>.

Falk, John H. & Storksdieck, Martin (2010). Science learning in a leisure setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(2), 194-212. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.20319>.

Foucault, Michel (1988). El sujeto y el poder. *Revista Mexicana de Sociología*, 50(3), 3-20. DOI: <https://doi.org/10.2307/3540551>.

Freire, Paulo (1972). *Pedagogía del Oprimido*. Siglo XXI.

García-Guerrero, Miguel & Esparza-Manrique, Viridiana (2024). From theory to action: The collective adventure of science recreation clubs. *Metode Science Studies Journal*, (15), 1-8. DOI: <https://doi.org/10.7203/metode.15.27173>.

García-Guerrero, Miguel & Lewenstein, Bruce V. (2022). Characterizing science recreation workshops: The 'guerrilla' of science communication. *International Journal of Science Education, Part B*, 0(0), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1080/21548455.2022.2123260>.

García-Guerrero, Miguel, Michel-Sandoval, Bertha, Esparza-Manrique, Viridiana, Rodríguez-Pinedo, Amelia, Raudales-Hernández, Vianey, Pliego-Madero, Astrid, Bernal-Miranda, Dayan, González-Sánchez, David, Aranda-Gutiérrez, Roberto, Rosales-Valadez, Omar, Pérez-Padilla, Javier & Patiño-De-Santiago, Paulina (2019). Keeping the

Flame Lit: The Value of the Long-Term Permanence of a Science Club. *Science Communication*, 41(1), 132-143. DOI: <https://doi.org/10.1177/1075547018814845>.

Garcia-Guerrero, Miguel, Ruiz-Villegas, María Fernanda, Báez-Hernández, Miriam Guadalupe, Cordero-Rodriguez, Azucena, Martinez-Rocha, César Augusto, Cerda-Hernández, Felipe de Jesús, González-Reyes, José Eduardo, Sotelo-Pulido, Francisco Javier & García-Rodríguez, Diana Elizabeth (2022). Manifiesto de la ciencia recreativa. *Journal of Science Communication América Latina*, 5(2), N01. DOI: <https://doi.org/10.22323/3.05020801>.

Giddens, Anthony (1997). *Las nuevas reglas del método sociológico*. Amorrortu Editores.

Giroux, Henry A. (2001). *Theory and Resistance in Education: Towards a Pedagogy for the Opposition*. DOI: <https://doi.org/10.5040/9781350458529>.

Glerup, Cecilie & Horst, Maja (2014). Mapping 'social responsibility' in science. *Journal of Responsible Innovation*, 1(1), 31-50. DOI: <https://doi.org/10.1080/23299460.2014.882077>.

Greene, Brian (2018). *El universo elegante*. Booket Paidós.

Guevara, Aline (2015). *Visualizar lo invisible [Tesis de maestría]*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Habermas, Jürgen (1999). *Teoría de la acción comunicativa I*. Taurus.

Humm, Christian, Schrögel, Philipp & Leßmöllmann, Annette (2020). Feeling Left Out: Underserved Audiences in Science Communication. *Media and Communication*, 8(1), 164-176. DOI: <https://doi.org/10.17645/mac.v8i1.2480>.

Imarraine, Soumaiya & Ortiz, Nicole (2025). From event enjoyment to career aspirations: How inclusive science engagement shapes participant perspectives. *Journal of Science Communication*, 24(5), N03. DOI: <https://doi.org/10.22323/147920250920070201>.

Joly, Pierre-Benoit & Kaufmann, Alain (2008). Lost in Translation? The Need for 'Upstream Engagement' with Nanotechnology on Trial. *Science as Culture*, 17(3), 225-247. DOI: <https://doi.org/10.1080/09505430802280727>.

Kim, Mijung & Dopico, Eduardo (2016). Science education through informal education. *Cultural Studies of Science Education*, 11(2), 439-445. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11422-014-9639-3>.

Kirschner, Paul A., Sweller, John & Clark, Richard E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86. DOI: https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1.

Larrión, Jósean (2017). Ignorancia, educación y propaganda: Claves para una crítica de la cultura científica y tecnológica. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 12(34), 111-132. Recuperado de: <https://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/7>.

Lewenstein, Bruce V. (2010). Modelos de comprensión pública: La política de la participación pública. Recuperado de: <https://gedos.usal.es/handle/10366/120832>.

Lewenstein, Bruce V. (2011). Changing Our Ideas. *International Journal of Science Education*, Part B, 1(1), 17-21. DOI: <https://doi.org/10.1080/21548455.2011.554013>.

Liu, Chi-Chang & Falk, John H. (2014). Serious Fun: Viewing Hobbyist Activities through a Learning Lens. *International Journal of Science Education*, Part B, 4(4), 343-355. DOI: <https://doi.org/10.1080/21548455.2013.824130>.

Lock, Simon (2011). Deficits and dialogues: Science communication and the public understating of science in the UK. In *Successful science communication: Telling it like it is* (17-30). Cambridge: Cambridge University Press.

Merton, Robert K. (1973). *The sociology of science: Theoretical and empirical investigations*. Chicago: University of Chicago Press.

Negrete, Aquiles (2008). La divulgación de la ciencia a través de formas narrativas. México: Universal Nacional Autónoma de México. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4757.2967>.

Nisbet, Matthew C. & Scheufele, Dietram A. (2009). What's next for science communication? Promising directions and lingering distractions. *American Journal of Botany*, 96(10), 1767-1778. DOI: <https://doi.org/10.3732/ajb.0900041>.

Olivé, León (2006). Los desafíos de la sociedad del conocimiento: Cultura científico-tecnológica, diversidad cultural y exclusión. Recuperado de: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/18283>.

Osborne, Jonathan & Collins, Sue (2001). Pupils' views of the role and value of the science curriculum: A focus-group study. *International Journal of Science Education*, 23(5), 441-467. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690010006518>.

Paas, Fred, Renkl, Alexander & Sweller, John (2003). Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1-4. DOI: https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_1.

Pastor Homs, María Inmaculada (2001). Orígenes y evolución del concepto de educación no formal. *Revista Española de Pedagogía*, 59(220), 525-544.

Sweller, John (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295-312. DOI: [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5).

Swenson, Rebecca & Marson, Corissa (2024). Perceptions of Science Communication's Domain, Practices, and Identity: What Concerns Members on the Peripheral Edge of a Community of Practice. *Journal of Applied Communications*, 108(1). DOI: <https://doi.org/10.4148/1051-0834.2498>.

Toomey, Anne H. (2023). Why facts don't change minds: Insights from cognitive science for the improved communication of conservation research. *Biological Conservation*, 278, 109886. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109886>.

UNESCO-UIS (2012). International standard classification of education: ISCED 2011. UNESCO Institute for Statistics. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000219109>.

Vicente-Saez, Ruben & Martinez-Fuentes, Clara (2018). Open Science now: A systematic literature review for an integrated definition. *Journal of Business Research*, 88, 428-436. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.12.043>.

Vosniadou, Stella (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45–69. DOI: [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3).

Wenger, Etienne (1999). *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge: Cambridge University Press.

Wenger, Etienne (2011). *Communities of practice: A brief introduction*. Recuperado de: <https://scholarsbank.uoregon.edu/xmlui/handle/1794/11736>.

World Bank (1998). *World Development Report 1998: Knowledge for Development* (21st edition). Oxford University Press.

Zamarrón, Guadalupe (2006). De cultura científica y anexas. En Antonio Marín Ruiz *et al.* (Eds.), *Universidad, comunicación y ciencia: Contrastes*. Universidad Autónoma de Baja California y Miguel Ángel Porrúa.