

CUANDO LA INCERTIDUMBRE NO ES EL PROBLEMA: CIENCIA, COMPLEJIDAD Y SISTEMAS DE EVALUACIÓN

EDUARDO L. DE VITO

Navarrabiomed, Centro de Investigación Biomédica, Hospital Universitario de Navarra Virgen del Camino (HUN),
Calle Irunlarrea, 3. 31008 Pamplona, Navarra, España

Dirección postal: Eduardo L. De Vito, Navarrabiomed, Centro de investigación Biomédica, Hospital Universitario de Navarra Virgen del Camino (HUN), Calle Irunlarrea 3, 31008 Pamplona, Navarra, España

E-mail: eldevito@gmail.com

Recibido: 6-I-2026

Aceptado: 13-V-2026

Resumen

La incertidumbre ha sido tradicionalmente considerada una limitación transitoria del conocimiento científico, destinada a resolverse mediante mejoras metodológicas o acumulación de evidencia. Sin embargo, cuando la investigación se desarrolla en la frontera del conocimiento y aborda sistemas biológicos complejos y no lineales, la incertidumbre deja de ser un defecto del método para convertirse en una condición estructural del progreso científico. A partir de aportes epistemológicos, históricos y clínicos, este artículo propone revisar el papel productivo de la incertidumbre en la generación de conocimiento, destacando su valor en la comprensión de fenómenos médicos complejos. Desde esta perspectiva, se revisan ejemplos ilustrativos provenientes de la práctica clínica y de la historia de la investigación biomédica, que muestran cómo muchos avances significativos surgieron en contextos de exploración conceptual más que de previsibilidad estricta. Finalmente, se discuten las implicancias de este enfoque para los sistemas actuales de evaluación y financiamiento de la investigación, señalando las tensiones que emergen cuando se aplican criterios de previsibilidad y seguridad metodológica a problemas intrínsecamente inciertos. Reconocer

la incertidumbre como un componente legítimo del proceso científico resulta clave para promover una investigación más consistente y mejor alineada con la complejidad de los problemas médicos contemporáneos.

Palabras clave: incertidumbre, sistemas complejos, investigación biomédica, financiamiento de la investigación, evaluación de programas

Abstract

When uncertainty is not the problem: science, complexity, and the evaluation of research

Uncertainty has traditionally been regarded as a transient limitation of scientific knowledge, expected to be resolved through methodological refinement or the accumulation of evidence. However, when research is conducted at the frontiers of knowledge and addresses complex, non-linear biological systems, uncertainty ceases to be a methodological flaw and becomes a structural condition of scientific progress. Drawing on epistemological, historical, and clinical perspectives, this article revisits the productive role of uncertainty in knowledge generation and highlights its relevance for understanding complex medical phenomena. From this standpoint, illustrative examples from clinical practice

and the history of biomedical research are discussed, showing that many significant advances emerged from contexts of conceptual exploration rather than strict predictability. Finally, the article examines the implications of this perspective for contemporary systems of research evaluation and funding, emphasizing the tensions that arise when criteria of predictability and methodological security are applied to inherently uncertain problems. Recognizing uncertainty as a legitimate component of the scientific process is essential to promote research practices that are more consistent and better aligned with the complexity of current medical challenges.

Key words: uncertainty, complex systems, biomedical research, research funding, program evaluation

La incertidumbre ha sido tradicionalmente considerada un estado transitorio de la ciencia, una limitación a ser superada mediante mejores diseños, mayor precisión metodológica o acumulación progresiva de evidencia. Sin embargo, cuando la investigación se desarrolla en la frontera del conocimiento -y particularmente cuando su objeto son sistemas biológicos complejos- la incertidumbre deja de ser un defecto corregible para convertirse en una condición estructural del proceso científico. En este contexto, resulta pertinente repensar la idea de la incertidumbre no como un fracaso del método, sino como un componente constitutivo del progreso científico. Este replanteo no es solo conceptual, sino que tiene implicancias directas sobre la forma en que actualmente se evalúan, financian y priorizan los proyectos de investigación, particularmente en el contexto de concursos y asignación de subsidios, un aspecto que será retomado más adelante.

Un punto de partida sugerente para esta reflexión lo ofrece el ya clásico ensayo de Martin A. Schwartz, quien sostuvo que “sentirse estúpido” es una experiencia inherente a la buena investigación científica¹. Lejos de una provocación retórica, el autor describe una vivencia común a quienes trabajan en problemas genuinamente nuevos: la conciencia explícita de no saber, de moverse en territorios conceptuales inestables, sin mapas claros ni garantías de éxito. Esta incomodidad cognitiva, lejos de señalar incompetencia, indica que el investigador ha abandonado la seguridad de lo conocido para explorar preguntas relevantes.

Incertidumbre y progreso científico

Esta observación, aparentemente subjetiva, adquiere mayor densidad cuando se la inscribe en un marco epistemológico más amplio. En este sentido, la metodología de los programas de investigación propuesta por Imre Lakatos ofrece una estructura conceptual particularmente adecuada para legitimar la incertidumbre como parte del trabajo científico². La ciencia progresa, según este enfoque, a través de programas con supuestos centrales relativamente estables (núcleo duro) y un conjunto de hipótesis auxiliares que se ajustan frente a anomalías empíricas (cinturón protector), permitiendo la generación de nuevas preguntas y orientaciones.

Lo que distingue a un programa progresivo de uno degenerativo no es la ausencia de anomalías, sino su capacidad para expandir su poder explicativo y abrir líneas de investigación fértiles. En otras palabras, la ciencia avanza no eliminando la incertidumbre, sino organizándola.

Complejidad, no linealidad y experiencia clínica

Esta concepción adquiere particular relevancia cuando el objeto de estudio son sistemas biológicos complejos y no lineales. Esta forma de entender la práctica clínica como un sistema complejo y no lineal ha sido desarrollada también en la medicina contemporánea, donde se ha señalado que muchos procesos asistenciales no responden a relaciones causales simples ni a trayectorias previsibles³.

En estos sistemas, las relaciones entre variables rara vez son lineales; existen múltiples niveles de organización, retroalimentaciones y fenómenos emergentes que no pueden deducirse a partir del análisis aislado de sus componentes. En este contexto, la expectativa de predicciones precisas y estables resulta, en muchos casos, epistemológicamente injustificada, tal como fue anticipado tempranamente por Weaver y desarrollado luego por Cilliers^{4,5}.

La medicina clínica –como ocurre en múltiples áreas, y de manera particularmente visible en la neumología, la fisiología respiratoria y la medicina intensiva– se enfrenta a este tipo de complejidad. La relación entre la respuesta ventilatoria al CO₂, la mecánica pulmonar y la hipercapnia diurna, los efectos de la carga hipóxica e hipercápnica

ca de los trastornos respiratorios del sueño y la evolución de enfermedades crónicas avanzadas constituyen ejemplos paradigmáticos de sistemas no lineales, sensibles a condiciones iniciales y modulados por múltiples variables fisiológicas, ambientales y contextuales. Pretender reducir estos fenómenos a modelos lineales simples puede generar una falsa sensación de certeza, a costa de empobrecer la comprensión del sistema.

En este punto, la historia de la investigación biomédica resulta particularmente ilustrativa, como lo muestra la obra de Julius H. Comroe Jr. En sus análisis retrospectivos sobre el origen de numerosos avances médicos, Comroe mostró que muchos de los descubrimientos que hoy consideramos fundamentales no surgieron de investigaciones orientadas a un objetivo clínico inmediato, sino de estudios básicos motivados por curiosidad, preguntas mal definidas o incluso hallazgos accidentales^{6,7}. En obras como *Retrospectroscope* y *Pay Dirt*, cuestionó la tendencia a reconstruir retrospectivamente trayectorias lineales allí donde en realidad predominaron la contingencia, la incertidumbre y la exploración abierta. Esta reconstrucción histórica sugiere que la incertidumbre no solo acompaña al progreso científico, sino que con frecuencia lo precede y lo hace posible. Un ejemplo clásico en esa misma dirección es el de Semmelweis, cuyo trabajo sobre la fiebre puerperal muestra que ciertos avances decisivos no surgen de trayectorias lineales ni de previsibilidad estricta, sino de la atención a anomalías y de la exploración conceptual en contextos de incertidumbre⁸.

En una línea convergente, Alfredo Lanari describía a los investigadores creativos como aquellos capaces de avanzar aun en contextos de “niebla conceptual”, reconociendo un camino posible incluso sin una meta claramente definida⁹. La investigación genuinamente innovadora rara vez avanza por una autopista trazada de antemano; suele hacerlo campo traviesa, abriendo y rectificando su propio camino. Esta forma de explorar, más cercana al ensayo y la reformulación que a la ejecución de un plan cerrado, constituye otra expresión del valor productivo de la incertidumbre, como fuera señalado posteriormente en el ámbito de la medicina respiratoria argentina¹⁰.

Desde una lectura *lakatosiana*, los ejemplos históricos analizados por Comroe pueden interpretarse como programas de investigación que, aun enfrentando anomalías persistentes y careciendo de aplicaciones inmediatas, demostraron una notable capacidad para ampliar el espacio conceptual disponible. Su valor no residió en la precisión predictiva a corto plazo, sino en su potencial para comprender fenómenos biológicos complejos. En este sentido, la historia de la medicina refuerza la idea de que la ciencia clínica progresa no únicamente mediante la confirmación de hipótesis, sino a través de la exploración sostenida de la incertidumbre. Este enfoque resulta especialmente pertinente hoy, cuando muchos problemas médicos se caracterizan por alta incertidumbre, interacciones no lineales y consecuencias difícilmente previsibles.

En estos escenarios, la pretensión de eliminar la incertidumbre puede conducir a simplificaciones excesivas o a decisiones basadas en modelos frágiles. En cambio, reconocer explícitamente los límites del conocimiento disponible permite diseñar estrategias mejor alineadas con la complejidad, flexibles y adaptativas.

Evaluar la ciencia en contextos de incertidumbre

Este marco conceptual contrasta, sin embargo, con los criterios predominantes en muchos sistemas actuales de evaluación de proyectos de investigación, tanto en concursos de subsidios como en comités de ética. En estos ámbitos, suele exigirse una formulación precisa de objetivos, hipótesis y resultados esperados, dejando escaso margen para reconocer explícitamente el “no saber” como punto de partida legítimo. Paradójicamente, esta demanda de previsibilidad puede desalentar investigaciones orientadas a problemas complejos, donde la incertidumbre no es un defecto del diseño, sino una característica inherente del objeto de estudio. En este sentido, los sistemas de evaluación tienden a privilegiar la seguridad metodológica por sobre el potencial exploratorio, con el riesgo de favorecer programas científicamente conservadores, una tensión señalada también en debates recientes sobre la crisis contemporánea de la ciencia¹¹. Desde una perspectiva complementaria, se ha propuesto

que ciertos sistemas de evaluación científica tienden a seleccionar prácticas metodológicamente seguras, pero conceptualmente conservadoras, favoreciendo dinámicas que pueden empobrecer el desarrollo del conocimiento en contextos complejos¹².

Las implicancias de esta perspectiva para la investigación y la práctica clínica son significativas. En primer lugar, invita a una actitud epistemológica más humilde, que reconozca la provisionalidad de los modelos y la inevitabilidad de las anomalías. En segundo lugar, sugiere que el valor de una línea de investigación no debe juzgarse exclusivamente por su capacidad predictiva inmediata, sino también por su potencial para ampliar la comprensión de sistemas complejos. Finalmente, promueve una cultura cien-

tífica que tolere la incertidumbre sin renunciar al rigor, y que valore la exploración crítica por encima de la falsa seguridad.

En un contexto médico donde la presión por resultados rápidos y aplicables es creciente, recuperar estas lecciones históricas y epistemológicas resulta particularmente relevante. Trabajar en el borde del conocimiento implica aceptar que la incertidumbre no es un enemigo a erradicar, sino un territorio a habitar con disciplina intelectual, apertura conceptual y honestidad epistemológica. Como muestra la historia de la ciencia médica, es precisamente en ese borde donde suelen gestarse los avances más significativos.

Conflicto de intereses: El autor declara no tener conflictos de intereses.

Bibliografía

1. Schwartz MA. The importance of stupidity in scientific research. *J Cell Sci* 2008; 121: 1771.
2. Lakatos I. The methodology of scientific research programmes: Philosophical Papers. Worrall J, Currie G, eds. Cambridge University Press; 1978.
3. Plsek PE, Greenhalgh T. Complexity science: the challenge of complexity in health care. *BMJ* 2001; 323: 625-8.
4. Weaver W. Science and complexity. *Am Sci* 1948; 36: 536-44.
5. Cilliers P. Complexity and Postmodernism: Understanding Complex Systems. London: Routledge; 1998.
6. Comroe JH. Retrospectroscope: Insights into Medical Discovery. Menlo Park: Von Gehr Press; 1977.
7. Comroe Jr JH, Dripps RD. Scientific basis for the support of biomedical science. *Science* 1976; 192: 105-11.
8. Kadar N, Romero R, Papp Z. Ignaz semmelweis: the "savior of mothers": on the 200th anniversary of his birth. *Am J Obstet Gynecol* 2018; 219: 519-22.
9. Lanari A. Reflexiones sobre investigación y creación científica. Buenos Aires: Sigma SRL; 1995.
10. De Vito EL. De la actividad asistencial al abstract y al artículo original. *Rev Argent Med Respir* 2006; 3: 120-5.
11. Saltelli A. Why science's crisis should not become a political battling ground. *Futures* 2018; 104: 85-90.
12. Smaldino PE, McElreath R. The natural selection of bad science. *R Soc Open Sci* 2016; 3:160384.