

Kandinsky



# CONGRESO INTERNACIONAL DE EDUCACIONES, PEDAGOGÍAS Y DIDÁCTICAS

## EDUCACIÓN CIBERCULTURA Y NUEVAS NORMALIDADES

**VIRTUAL** JUN / 22-24  
**2022**  
FASE I

OCT / 12-14  
**2022**  
FASE II

**PRESENCIAL**

## NECESIDAD DE PENSAR LAS RELACIONES CAUSALES EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA

### **Autores:**

**Torres Merchan, Nidia Yaneth**

Docente Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

**Correo electrónico:** [nidia.torres@uptc.edu.co](mailto:nidia.torres@uptc.edu.co)

**Correa, Thiago Bernabe**

Docente Universidad Federal Triangulo de Mineiro

**Correo electrónico:** [correa.uftm@gmail.com](mailto:correa.uftm@gmail.com)

**Solbes, Jordi**

Docente Universidad de Valencia

**Correo electrónico:** [Jordi.Solbes@uv.es](mailto:Jordi.Solbes@uv.es)

**Eje temático:** Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente

**Resumen:** Las relaciones causales han sido una forma de generar conocimiento y dar explicaciones en el área científica, generalmente son vistas como una relación precisa: la misma causa provoca siempre el mismo efecto. Sin embargo, en el mundo cotidiano, los vínculos entre causa y efecto son frecuentemente de naturaleza imprecisa, esta dualidad puede causar dificultades en la comprensión de fenómenos científicos. El termino causalidad se utiliza en diferentes disciplinas



desde la biología hasta la física, donde se hace uso rutinario de estos conceptos para inferir relaciones causales; pero en cada una ha sido abordado de manera diferente; sin embargo, las ciencias son el mejor lugar al que acudir para comprender la causalidad. Por esta razón, se requiere que los alumnos comprendan las causas y consecuencias de diferentes sistemas, para generar argumentos y representaciones coherentes; pues es evidente que históricamente, el progreso en la investigación científica se caracteriza en parte por un cambio hacia el razonamiento sobre los mecanismos causales, lo cual debe ser un aspecto en considerar en la Educación Científica. En este sentido, se presentan enfoques epistemológicos sobre la causalidad desde la filosofía, las ciencias naturales y sus implicaciones en la educación científica.

**Palabras clave:** Educación científica; Relaciones causales; Mecanismos causales

## Introducción

La causalidad, se ha establecido con la relación entre acontecimientos, procesos, regularidad de los fenómenos y la producción de algo. Existe una multiplicidad de interpretaciones para el término de causalidad y en ocasiones se relaciona con mecanismos causales; sin embargo, no hay claridad a cuál de estos está atendiendo la educación científica. Se evidencia una contradicción en el uso de los términos mecanismos causales, y no se comprende su relación con la causalidad en general; por esta razón argumentaremos porque es necesario prestar atención a estas relaciones causales en la educación científica. Las relaciones causales y los atributos relacionados con una estructura causal suelen ser componentes clave de la representación científica y cotidiana de los conceptos (Ahn, 1998). Por ejemplo, los científicos generalmente se esfuerzan por descubrir los principios causales que gobiernan un dominio, y los maestros se enfocan en explicar esos principios causales a los estudiantes (Clement & Yanowitz, 2003).



Estas relaciones causales contribuyen a que los estudiantes entiendan como toman una decisión y a comprender las relaciones subyacentes entre un número de variables para descifrar el funcionamiento de los fenómenos. La causalidad da lugar al conocimiento científico, sabemos que las cosas no ocurren de manera aislada, sino que unas están ligadas a otras en un proceso de interacción, esto nos da lugar hablar de relaciones causales y es importante abordarlas en la educación científica, pues el conocimiento científico se caracteriza porque conoce las causas de los fenómenos que estudia; conocer la causalidad surge como una necesidad a partir de la racionalización; lo cual procurar eliminar la duda, la incertidumbre y la creencia en falacias.

Si bien se ha señalado la importancia del tema de la Causalidad en la educación científica, se ha centrado en estudios sobre cómo los estudiantes desarrollan la estrategia de control de variables (Chen & Klahr, 1999); de manera similar, se ha prestado atención a las habilidades de los estudiantes para extraer inferencias lógicamente apropiadas de los datos (Kuhn, 1993). Sin embargo, se ha evidenciado una gran preocupación por el análisis de la argumentación que por definir el papel de la causalidad en la enseñanza de las ciencias.

Los estudios parecen prestar atención al marco de los mecanismos causales, por ejemplo, Russ et al., (2008), llama la atención sobre el papel del mecanismo causal en la investigación científica, pues es evidente que históricamente, el progreso en la investigación científica se caracteriza, en parte por un cambio hacia el razonamiento sobre los mecanismos causales. Por lo tanto, pretendemos reflexionar en la siguiente pregunta: ¿Que implica utilizar este término (Relaciones causales) en la educación científica?

## **Metodología**

Este estudio hace parte de una investigación mas amplia que analiza las implicaciones de las relaciones causales en la comprensión de textos científicos. Por lo tanto, se presenta la primera parte del estudio que corresponde a la



revisión documental del estudio, para ello, se realizó la búsqueda de artículos publicados en bases de datos Web of Science (WOS), EBSCO y Google Scholar, en un rango de tiempo entre el 2012 al primer semestre del 2022, se emplearon los siguientes términos de búsqueda: "*Causal relationships in science texts and causal relationships in science*" "*causal relationships in scientific knowledge*" en español, inglés y portugués; cabe aclarar que a lo largo de la revisión, se realizaron búsquedas adicionales, tomando a consideración las referencias bibliográficas de los artículos seleccionados inicialmente que permitieron robustecer la búsqueda bibliográfica.

Para la búsqueda se definieron los siguientes criterios:

**Tabla 1.** Definición de criterios de inclusión y exclusión

<b>Criterios de inclusión</b>	<b>Criterios de exclusión</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Publicaciones en el periodo comprendido entre 2012-2022</li> <li>• Que contenga las palabras de búsqueda en el título y el resumen</li> <li>• Artículos de investigación con estudios aplicados en Educación científica</li> <li>• Artículos en idioma español, inglés y portugués</li> <li>• Que relate la importancia de las relaciones causales en la comprensión de textos científicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios que no se encuentre entre los años establecidos</li> <li>• No se incluyen las palabras de búsqueda en el título o resumen, o el resumen no se encontró relevante para esta revisión</li> <li>• Los trabajos presentan un idioma diferente a los establecidos en los criterios de inclusión</li> <li>• Estudios de revisión, a excepción de aquellos que se consideren importantes como sustento teórico para la presente revisión</li> <li>• Investigaciones realizadas en educación media y superior</li> <li>• Se descartan estudios que no relacionen la educación causal con la educación científica.</li> </ul>

Se seleccionaron un total de 60 documentos que permiten configurar la fundamentación teórica del tema de investigación y que se presenta a continuación:



## Desarrollo

Presentamos a continuación un resumen de las principales aportaciones sobre la causalidad.

### La causalidad en la filosofía

La palabra causal proviene del latín *causālis*, dicese de la relación de causa que existe entre dos o más hechos. La causalidad, se ha establecido con la relación entre acontecimientos, procesos, regularidad de los fenómenos y la producción de algo. El concepto ha sido abordado desde la filosofía como un mecanismo para llegar al conocimiento científico y se considera como un principio clásico de la filosofía y la ciencia, que afirma que todo evento tiene una causa y efecto; por esta razón, las cosas no ocurren de manera aislada, sino que unas están ligadas a otras en un proceso de interacción.

Aristóteles en el siglo IV AC, consideraba como causa al hecho que produce otro hecho, señalando cuatro aspectos: *la causa material* que se relaciona con la materia inmanente de la que está hecha una cosa; *la causa formal* que comprende la forma, las dimensiones y el modelo; *la causa eficiente o motriz*, aquello donde procede el primer principio del cambio y del reposo o sea del efecto; y *la causa final o teleológica*, que son las motivaciones para la acción (Sánchez, 2012).

Se han dado varias teorías acerca de la causalidad; por ejemplo la *regularidad causal* asociada a conexiones y a las sucesiones de eventos, aquí se habla de causa y efecto; existe la conjunción constante de dos eventos del mismo tipo, y se identifica la causa con la suma total de condiciones positivas y negativas que anteceden a un evento con regularidad (David Hume; John Stuart Mill y John L. Mackie). Hume (1777/1975), definía una relación causal como un par de eventos



asociados y contiguos en tiempo y espacio, que los humanos considerábamos como causa y efecto, luego de poner en marcha un mecanismo inductivo a partir de la frecuencia de aparición de ambos eventos en el mismo orden, es decir es regularidad.

Para Kant (1787/2008) la causalidad es uno de los conceptos puros del entendimiento, a partir de las cuales se aprehenden los fenómenos y se organiza nuestro conocimiento del mundo, consiste, en la sucesión de lo diverso, en la medida en que tal sucesión se halla sometida a una regla.

*La teoría contrafáctica*, desarrollada por David Lewis (1973), señala que la causalidad entre dos eventos puede ser mediada por distintos estadios de los que, por separado, el efecto no depende causalmente. Esta teoría también es complementada con la noción de influencia y añadiendo que el condicional contrafáctico, no sólo ha de reflejar dependencias basadas en la ocurrencia o no de un evento; sino también en *cuándo y cómo* ocurre. También (Kim, 2007; Pérez, 1999; Goldvarg & Johnson-Laird, 2001) comentan la concepción contrafáctica de la causalidad A es causa de B sólo en el caso en que B sea contrafácticamente dependiente de A; o la idea de dependencia como base de las relaciones causales. En ese sentido, hace una distinción fundamental entre relaciones causales de nivel básico o microscópicas y de nivel superior o macroscópicas.

En un estudio más reciente Groff, (2017) divide el estudio de la causalidad en dos teorías: Las *pasivistas* de la causalidad y teorías productivas *antipasivistas* de la causalidad. En estas últimas, están aquellos puntos de vista según los cuales la causalidad es un tipo de hacer, un cambio que se produce. Mientras a las teorías *pasivistas*, se reúnen todas aquellas que no se refiere a una cuestión de producción o acción.

De lo señalado por Hume (1975), se ha dado lugar a lo que Stathis Psillos llama RVC, (traducido sería Visión regular de la causalidad) (Psillos, 2002). Los RVC,



identifican la causalidad con el hecho de la regularidad en sí misma, no con un sentimiento proyectado de expectativa y pueden creer que es algo más que impresiones que vienen en secuencias ordenadas; sin embargo, retiene la idea de que una causa no es algo que produce algo, sino una causa es algo que va primero en un par ordenado.

Como se evidenció anteriormente, hay variantes filosóficas del concepto y sobresalen la relación causal que se sostiene entre objetos, eventos en el espacio-tiempo, procesos causales y poderes causales que se pueden enmarcar en la causalidad física, (Pulido, 2002).

### **Causalidad en las ciencias**

La causalidad da lugar al conocimiento científico, sabemos que las cosas no ocurren de manera aislada, sino que unas están ligadas a otras en un proceso de interacción. Esto nos da lugar hablar de relaciones causales, pues el conocimiento científico se caracteriza porque conoce las causas de los fenómenos que estudia. Conocer la causalidad surge como una necesidad a partir de la racionalización; lo cual procurar eliminar la duda, la incertidumbre y la creencia en falacias, como condiciones necesarias al pensamiento crítico, como lo postula la filosofía crítica. Sin embargo, el término también adquiere connotaciones diferentes en cada disciplina.

Antes de Galileo, la noción de causa tiene por motivo principal dar razón de las cosas mismas; desde Galileo la noción de causa da razón de variaciones y desplazamientos en tanto que susceptibles de medida y expresables matemáticamente Sin embargo, el término parece estar asociado a "mecanismo" en el siglo XVII y deriva de los términos griego y latino "máquina" (Dijksterhuis, 1961). Descartes entendió la mecánica como el componente básico del mundo físico y propuso explicar diversos fenómenos del mundo natural como el movimiento planetario, las mareas, el movimiento de la sangre y las propiedades de la luz.

El mecanicismo influyó en las restantes ciencias resaltando por lo general el papel de la experimentación y de las matemáticas. En particular, contribuyó positivamente a la termodinámica al relacionar el calor con el movimiento de las partículas de los cuerpos; en la química, al apoyar el atomismo, defendido por la mayor parte de los físicos.

Por otra parte, el determinismo subyacente en el mecanicismo ha sido puesto en cuestión en el propio siglo XIX por la Teoría Cinética y la Mecánica estadística y, a principios del siglo XX, con mayor rotundidad, por la Física cuántica. Aunque la física relativista es causal no puede darse causalidad entre un evento y cualquier otro evento, fuera del cono de luz del primero (Suárez y Villegas, 2018). En la física cuántica existen dos evoluciones dinámicas del estado cuántico, una es determinista (viene dada por la ecuación de Schrödinger), mientras que la otra es probabilística (dada por el postulado del colapso de la función de onda), (Sanchez Ron, 2006).

En el caso de la Biología, la gran diversidad de los fenómenos biológicos dificulta el establecimiento de una metodología de inferencia causal única para todas las ramas de la biología. Muchos autores defienden que, para dar cuenta de la complejidad de las relaciones causales en biología, ha de atenderse a la noción de mecanismo, derivada de las teorías causales de procesos. Ésta noción pretende capturar la idea de que los fenómenos biológicos son producidos por un conjunto de entidades y actividades que interaccionan de forma organizada y no reducible a sus componentes (Craver & Tabery, 2017).

En las ciencias biomédicas, debido a la complejidad e integración de los mecanismos de regulación y control que se caracterizan por actuar entre sí, tanto dentro de la célula como del cuerpo, existen múltiples caminos causales, por lo cual se hace complejo inferir una relación causal entre variables, por lo que se requiere evidencia complementaria que marque la diferencia. Por lo tanto, se llega a conclusiones causales como resultado de muchos ensayos.



Como se evidencia la causalidad es inherente al conocimiento científico, por contribuir a generar explicaciones

### **Implicaciones en la Educación científica**

El recorrido documental muestra una contradicción en el uso del término mecanismo causal y no se comprende su relación con la causalidad en general; creemos importante educar para que los estudiantes entiendan como toman una decisión, dado que si uno comprende bien las relaciones subyacentes entre un numero de variables entonces entiende de mejor manera el funcionamiento de los fenómenos. Por lo tanto, una propuesta para enseñar a razonar es pasar de un contexto de asociaciones a uno causal.

La Causalidad en la educación científica, se ha centrado en estudios sobre control de variables (Chen & Klahr, 1999), énfasis a las destrezas de los estudiantes para extraer inferencias (p. ej., D. Kuhn, 1993); análisis de la argumentación más que por definir el papel de la causalidad en la educación científica, (Disessa, 2014; Gopnik et al., 2001). De la misma manera diversas investigaciones se centran en el marco de los mecanismos causales; por ejemplo, Russ et al., (2008), llama la atención sobre el papel del mecanismo causal en la investigación científica, pues es evidente que históricamente, el progreso en la investigación científica se caracteriza en parte por un cambio hacia el razonamiento sobre los mecanismos causales. Así, Koslowski (1996), señala que los mecanismos causales no deben solamente entenderse como subordinados a los procedimientos de control de variables y señala que es un desafío para la educación científica.

Lo anterior, está respaldado en estudios como el de Gopnik et al. (2001), que han llevado a cabo un trabajo prototípico sobre las inferencias causales de los niños pequeños. Diseñaron un "detector de blickets que se enciende y reproduce música cada vez que se le acercan "blickets". Ellos afirman que si bien, los niños reconocieron que los blickets hacen que el detector se dispare, es poco probable



que tuvieran alguna idea de cómo lo hacen. Entonces esto lleva a otra pregunta ¿Los mecanismos causales se preguntan por el cómo de las cosas?

Kuhn (1977), toma dos niveles de explicación y distingue entre causas "estrechas" y "amplias" utilizadas en las explicaciones de física. Define "causas estrechas" como agentes activos particulares de eventos anteriores que ejercen una fuerza para causar eventos posteriores. En cambio, las "causas amplias" explican los eventos al mostrar cómo los efectos se deducen de unas pocas propiedades innatas específicas mecánicas o matemáticas de las entidades a las que se refiere la explicación. Estas causas amplias, señala Russ et al., (2008), parecen más a lo que hemos identificado como razonamiento mecanicista, que implica más que notar qué causas están asociadas con qué efectos; se refiere al proceso subyacente a la asociación. Esta misma autora señala que el mecanismo da cuenta de la ley causal que gobierna el comportamiento físico y es más que la ley causal.

De lo anterior, se reconoce la necesidad de comprender las relaciones causales y superar la memorización de hechos, en este sentido, se ha utilizado el marco MDC, para explicar la manera en que los estudiantes explican cosas en el aula. Al respecto Russ et al. (2008), propone el uso de este marco para caracterizar el pensamiento y el discurso de los estudiantes sobre los mecanismos, lo que los estudiantes hacen y dicen cuando razonan sobre nuevos mecanismos para los fenómenos que observan. La propuesta de MDC, (2000) que los mecanismos explican cómo se producen los fenómenos mediante el seguimiento continuo de los cambios productivos, desde las condiciones de establecimiento a través de las etapas intermedias hasta las condiciones de terminación. Se usa la idea de MDC de que los mecanismos para los fenómenos involucran entidades, que tienen propiedades, organizaciones y actividades. Aquí queda la siguiente cuestión ¿Existen otras vías de caracterización que den cuenta de las relaciones causales en los espacios de la Educación en Ciencias?



## Conclusiones

De lo expuesto anteriormente se reconoce la importancia de los mecanismos y las relaciones causales, puesto que contribuyen a defender la capacidad de fundamentación, de manera que evitan sacar falsas conclusiones por intuición; sin embargo, no parece haber claridad de los fundamentos teóricos que justifican uno u otro término en la Educación científica, por la razón, se requiere espacios de profundización en el tema.

Es claro la importancia de abordar las relaciones causales en los procesos de la educación científica, porque implica valorar el cómo y el por qué ocurre un efecto y en consecuencia brinda información sobre el fenómeno y contribuye a procesos de explicación y argumentación científica más sólidos, además se constituye en un paso para comprender los procesos de investigación científica experimental porque proporciona conocimiento para identificar condiciones bajo las cuales ocurre o no un efecto.

## Referencias

Ahn, W.K. (1998). Why are different feature central for natural kinds and artefacts? The role of causal status in determining feature centrality. *Cognition*, 69, 135-178.

Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child Development*, 70(5), 1098 – 1120.

Craver, C. & Tabery, J. (2017): "Mechanisms in Science", en *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, E. N. Zalta, ed., <https://plato.stanford.edu/archives/spr2017/entries/science-mechanisms/>



Clement, C. A., & Yanowitz, K. L. (2003). Using an analogy to model causal mechanisms in a complex text. *Instructional Science*, 31(3), 195-225.

Disessa, A. A. (2014). The construction of causal schemes: Learning mechanisms at the knowledge level. *Cognitive science*, 38(5), 795-850. DOI:10.1111/cogs.12131

Dijksterhuis, E. J. 1961: *The Mechanization of the World Picture*. Oxford, Oxford University Press.

Gopnik, A., Sobel, D. M., Schulz, L. E., & Glymour, C. (2001). Causal learning mechanisms in very young children: Two-, three-, and four-year-olds infer causal relations from patterns of variation and covariation. *Developmental Psychology*, 37(5), 620 – 629. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.37.5.620>

Groff, R. (2017). Causal mechanisms and the philosophy of causation. *Journal for the Theory of Social Behaviour*, 47(3), 286-305. <https://doi.org/10.1111/jtsb.12118>

Goldvarg, E & Johnson-Laird, P.N. (2001). Naive causality: a mental model theory of causal meaning and reasoning. *Cognitive Science*, 25, 565-610. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog2504\\_3](https://doi.org/10.1207/s15516709cog2504_3)

Hume, D. (1975). *Enquiries Concerning Human Understanding and Concerning the Principles of Morals*; Reprinted from the 1777 Edition and with Introduction and Analytical Index by L. A. Selby-Bigge, Third edition. Oxford and New York: Oxford University Press.

Kant, I. (1787/2008). *Crítica de la razón pura*. [Traducción Pedro Ribas]. Madrid: Taurus.



Kim, J. (2007). Causation and Mental Causation. En B. McLaughlin & J. Cohen (Eds.) *Contemporary debates in philosophy of mind* (pp.227-2443). Singapur: Blackwell

Koslowski, B. (1996). *Theory and evidence: The development of scientific reasoning*. Cambridge, MA: MIT Press.

Kuhn, D. (1993). Connecting scientific and informal reasoning. The Development of Rationality and Critical Thinking, a special issue of the *Merrill-Palmer Quarterly*, 39(1), 74 – 103

Machamer, P., Darden, L., & Craver, C. F. (2000). Thinking about mechanisms. *Philosophy of science*, 67(1), 1-25. <https://www.jstor.org/stable/188611>

Pérez, D. (1999). *La mente como eslabón causal*. Buenos Aires: Catálogos.

Psillos, S. (2002). *Causation & Explanation*. Montreal and Kingston: McGill-Queen's University Press.

Pulido, W. Q. (2002). Causalidad física: procesos causales y cantidades conservadas. *Revista de filosofía*, 58, 79-99.

Lewis, D. (1973). *CozmtEIFac.tuals*. Oxford, Basil Blackwell.

Russ, R. S., Scherr, R. E., Hammer, D., & Mikeska, J. (2008). Recognizing mechanistic reasoning in student scientific inquiry: A framework for discourse analysis developed from philosophy of science. *Science education*, 92(3), 499-525. <https://doi.org/10.1002/sce.20264>

Sánchez, F. P. (2012). La búsqueda de las relaciones causales: el desafío del ejercicio diario de un epidemiólogo. *Revista Médica de Risaralda*. 18 (2), 165-171. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S01226672012000200011&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S01226672012000200011&script=sci_abstract&tlng=es)

