



LA IMPORTANCIA DEL PENSAMIENTO SISTÉMICO PARA EL APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE RED TRÓFICA EN EDUCACIÓN BÁSICA PRIMARIA Y SECUNDARIA

Autor: Hernández Serrato, Carol
Universidad Antonio Nariño, Bogotá, Colombia
Correo electrónico: cahernandez79@uan.edu.co

Resumen

Este artículo presenta una revisión sistemática sobre el aprendizaje de las redes tróficas desde el pensamiento sistémico en educación básica primaria y secundaria. A partir de la búsqueda en las bases de datos Science Direct, Scopus, y Nature, los motores de búsqueda Google académico y Researchgate y los repositorios de la Biblioteca Luis Ángel Arango y de tres universidades bogotanas (Antonio Nariño, Pedagógica y Javeriana), se analizan 51 documentos especializados que permiten establecer que la investigación sobre el pensamiento sistémico aplicado al aprendizaje de las redes tróficas es muy limitada, pese a su impacto positivo en el desarrollo de habilidades cognitivas en los estudiantes, toda vez que propicia el desarrollo de estructuras de pensamiento complejas a partir de lo interrelacional, multicausal y multidireccional. En este marco, una construcción progresiva del concepto de red trófica desde el pensamiento sistémico, con ayuda de las denominadas hipótesis de transición, permite superar las dificultades en su aprendizaje favoreciendo la construcción de una estructura conceptual con diversos niveles, contenidos y categorías.

Palabras Claves

Ciencias naturales, redes tróficas, pensamiento sistémico, ecología escolar

Abstract

This article presents a systematic review on the learning of food chain from systemic thinking in basic primary and secondary education. From the search in the Science Direct, Scopus, and Nature databases, the academic Google and Researchgate search engines and the repositories of the Luis Ángel Arango Library and three universities from Bogotá (Antonio Nariño, Pedagógica y Javeriana), 51 specialized documents are analyzed that allow establishing that the Research on systemic thinking applied to food web learning is very limited, despite its positive impact on the development of cognitive abilities in students, by promoting complex thought structures with relevance in the interrelational, multicausal and multidirectional aspects. It also establishes that a progressive construction of the concept of food chain from systemic thinking with the help of the so-called transition hypotheses allows overcoming difficulties in learning by favoring the construction of a conceptual structure with different levels, contents, and categories.

Key Words

Natural sciences, food chains, systemic thinking, school ecology

Introducción

Las cadenas y redes tróficas son modelos que representan las relaciones dadas entre los integrantes de un ecosistema y referencian niveles y flujos establecidos por la energía procedente del sol que se almacena en la materia y puede utilizarse gracias a la respiración celular, fenómeno en el que solo pasa una pequeña porción al siguiente nivel trófico mientras el resto se disipa sin ser aprovechada por algún organismo. El proceso que ilustra desde la producción hasta su consumo entre distintos organismos se conoce como cadena trófica (Gómez, 2014), y a las representaciones gráficas de las conexiones en las cadenas alimenticias encontradas en diversas comunidades terrestres y acuáticas se les denomina red trófica. Al respecto, Capra (1998) resalta que las redes tróficas no se caracterizan por la linealidad, sino que se expanden en diferentes direcciones, estableciendo conexiones sistémicas. En consecuencia, la concepción y enseñanza de la noción de red trófica a partir de la linealidad, que alude a una idea estática y rígida, debe ser replanteada desde una perspectiva sistémica que permita tener en cuenta la complejidad. Esto supone un giro cognoscitivo en el que se reconozca que la enseñanza de la red trófica implica asumir que no puede comprenderse el todo sin las partes que lo componen y viceversa (Romero & Gil, 2017). A partir de lo anterior, este artículo a través de una revisión sistemática destaca la importancia de la aplicación de los principios del pensamiento sistémico en el aprendizaje del concepto de red trófica en educación básica primaria y secundaria.

Metodología

Para el desarrollo de la presente revisión sistemática, se llevó a cabo un análisis de la información disponible relacionada con el aprendizaje de las redes tróficas desde la perspectiva sistémica en educación básica primaria y secundaria. Se indagó en las bases de datos electrónicas Science Direct, Scopus, y Nature, los motores de búsqueda Google académico y Researchgate y en los repositorios de la Biblioteca Luis Ángel Arango, la Universidad Antonio Nariño, la Universidad Pedagógica Nacional y la Pontificia Universidad Javeriana, de donde se identificaron 51 documentos, excluyendo aquellos que no tenían relación con el objetivo de la investigación, los anteriores a 1980 y los que presentaron información parcial, sin bibliografía o resumen, por ejemplo. Con este material se realizó una matriz analítica donde se discriminó los artículos por año de publicación, idioma original y tipo de fuente (revista, tesis, libro), lo que permitió establecer que el 39,2% versan sobre el aprendizaje de las redes tróficas y el 60,8% sobre el pensamiento sistémico aplicado a su enseñanza. Luego de categorizar los elementos con ayuda del diagrama de flujo prisma se estableció que, en relación con el tema de las redes tróficas, las revistas más productivas pertenecen a países de habla inglesa y que pese al periodo de tiempo acopiado (desde la década de 1980), el material encontrado no es extenso. Esto tiene implicaciones en el conocimiento acumulado y en la práctica de los maestros, pues la falta de estudios con orientaciones al respecto afecta la forma de generar el aprendizaje, como reconoce Valbuena (2007).

Resultados y análisis

El aprendizaje del concepto de red trófica, aunque es un tema básico en el área de biología no es tan sencillo como parece. Según Webb y Bolt (1990) el reconocimiento de las relaciones inherentes a las redes tróficas se dificulta debido a la diversidad y carácter multinivel de los cambios en una población, por lo que han sugerido que su desarrollo conceptual debe iniciarse desde el nivel básico del currículo escolar, con lo que Barman y Mayer (1994) coinciden, tras identificar que las dificultades tienen su anclaje en el manejo de los libros de texto que afectan la capacidad comprensiva de los estudiantes, quienes terminan desplegando descripciones básicas y exteriorizando inconsistencias que corroboran su comprensión. De allí que, Santos y Maciel (2013) recomienden identificar el conocimiento previo de los estudiantes para determinar las implicaciones en la configuración conceptual, pues cualquier inconsistencia distorsiona la comprensión de los ciclos alimentarios. Es así como resulta fundamental establecer qué saben los estudiantes y dónde están los problemas en la comprensión, toda vez que esto incide de manera directa en la apropiación conceptual, la construcción de explicaciones sistémicas y la interpretación de la direccionalidad de las cadenas y redes alimentarias, las cuales simbolizan las transferencias de energía en un sistema (Wenk y Butler, 2010). De allí que, en el aprendizaje de las redes tróficas las *representaciones* sean fundamentales para entender los efectos de las perturbaciones en los sistemas ecológicos. Y es precisamente en el reconocimiento de la forma en que se generan dichos flujos de energía en donde se encuentra una de las principales dificultades de los estudiantes, quienes evidencian inconvenientes para interpretar relaciones y propiedades emergentes, lo que en términos de Rincón (2011) se adjudica a que las redes tróficas son presentadas como secuencias lineales que siguen un patrón de causalidad unidireccional que busca establecer relaciones causa-efecto.

Grozer y Bell (2003) por su parte, establecen que desde una unidad de enseñanza de los ecosistemas típica de la escuela primaria, pueden superarse las limitaciones que tienen los estudiantes para establecer relaciones y efectos

entre conceptos, mientras Pérez (2015) destaca que una metodología constructivista fortalece el pensamiento sistémico y el conocimiento de las redes tróficas. Por ello recomienda ejercicios que comprometan varios niveles de dominio para obtener resultados significativos, tales como evaluaciones de habilidades frente a definiciones conceptuales, experimentos en el laboratorio, actividades cooperativas, análisis de casos, mapas cognitivos o de organización gráfica.

Pese a las diferencias desde el punto de vista didáctico, aquí se evidencian varios acuerdos entre los especialistas en la materia. Para mejorar el aprendizaje de las redes tróficas se requiere no sólo iniciar su enseñanza desde edades tempranas, sino que también es fundamental identificar conocimientos previos y dificultades en los estudiantes antes de profundizar en su comprensión. Adicionalmente, se encuentra un acuerdo en cuanto a que abordar este proceso desde la perspectiva sistémica es central porque dicho planteamiento es más acorde a la complejidad inherente a las redes tróficas al permitir establecer relaciones, articular conceptos y extrapolarlos al entorno, transformando la percepción de los estudiantes. Y finalmente, se constata que para los autores, aumentar la complejidad de las observaciones realizadas mejora el entendimiento de la interrelación entre los elementos del entorno y el conocimiento trasciende así a otros niveles, de forma esquemática y multidireccional, fortaleciendo la capacidad para reconocer un lenguaje científico, el desarrollo de habilidades de tipo experimental, la organización de la información, el trabajo en equipo, la habilidad para ejecutar tareas con cierta finalidad, la ampliación del conocimiento y el desarrollo de habilidades a partir de saberes técnicos, metodológicos y participativos (Coronado y Arteta, 2015), que promuevan la apertura a conceptos más complejos (bioma, ecología, ecosistema, entre otros). Por tanto, la comprensión de las redes tróficas implica mayor participación en el aula, más atención a los estudiantes y un abordaje contextual que genere un cambio actitudinal y conceptual (Cepeda, Martínez, & Rangel, 2015). Es necesario enfatizar en el aula que las redes tróficas entrelazan cadenas de alimentación, configurando así un sistema de transferencia de energía con numerosas interconexiones donde presas y depredadores se ajustan a cambios ambientales que proporcionan estabilidad al sistema (Sánchez, 2010), lo que evidencia la mutua dependencia entre diversos organismos y su medio, lo que a la postre responde a un planteamiento sistémico. De allí que, Alexander (1982) haya establecido que la enseñanza de las redes tróficas desde el enfoque sistémico es más efectiva, pues posibilita no sólo la percepción de partes individuales sino también el reconocimiento de la forma en que encajan para conformar un todo. Además, enseña a pensar de manera global, holística y sistémica, es decir, a establecer suposiciones, relaciones y modelos, a entender interacciones, dinámicas de proceso e identificar condiciones, variables y parámetros, tal como sus relaciones y su fortalecimiento influye en la capacidad de modelar y anticipar la dinámica del sistema (Pedreros, Chaparro, Méndez, Sastoque, & Prias, 2006).

Pero cuando se genera un distanciamiento entre lo que sucede en el aula y en el mundo exterior, se olvida que distintos procesos considerados sutiles tienen efectos devastadores en los ecosistemas, y que causas y efectos no están estrechamente relacionados porque las causas pueden convertirse en efectos y viceversa, tal como plantea la perspectiva sistémica (Escobar & Guevara, 2017). Por ello, son necesarias nociones como autopoiesis, estructuras disipativas, equilibrio dinámico o los principios de recursividad, desarrollados por la teoría de los sistemas, ya que permiten estudiar los ecosistemas desde una visión compleja, rompiendo con el paradigma lineal que desconoce el no equilibrio, no linealidad o la recursividad emergente (Salvo, Romero, & Briceño, 2009).

De esta forma, establecer las interacciones en el ecosistema es importante para explicar las redes tróficas y las relaciones como inquilinismo, depredación, parasitismo, mutualismo y amensalismo, las cuales ayudan a la comprensión del concepto de sistema y forjan una actitud más reflexiva ante la preservación de las especies. No obstante, abordar el concepto de las redes tróficas en la enseñanza desde una visión analítica pero no sistémica, incide en que las relaciones fundamentales en el equilibrio y conservación del ecosistema se desconozcan, relegando por tanto las relaciones recíprocas entre factores bióticos y abióticos que inciden en su comprensión (Torres & Reyes, 2017). Por ello, si se forja el pensamiento sistémico desde el nivel escolar básico, a medida que se profundice en la comprensión de sistemas complejos, se mejorará la percepción de su funcionamiento y las relaciones entre componentes cognitivos (Ben-Zvi & Orion, 2005). Así lo ratificó Plate (2010) con el despliegue de una herramienta denominada "Evaluación de Mapeo Cognitivo del Pensamiento de Sistemas", con la que determinó que estudiantes instruidos desde la vertiente sistémica exhiben una capacidad significativamente mayor para comprender información sobre un complejo sistema ambiental, pese a no haber recibido formación en biología.

Al implementar el pensamiento sistémico deben considerarse no sólo las posibles barreras que les impide a los estudiantes comprender los sistemas dinámicos, tal como se abordó en párrafos anteriores, también es necesario determinar las implicaciones de la enseñanza lineal de los conceptos a los que han estado expuestos, tal como sucede, por ejemplo, con las nociones de ecosistema y redes tróficas (Sweeney y Sterman, 2007).

Superar la comprensión lineal de sus elementos y relaciones incide de manera positiva en el desarrollo de las habilidades cognitivas, situadas en la parte alta de la pirámide donde se proyecta el pensamiento temporal (Sáenz, Lucha, Claver, Arasanz, & Iráizoz, 2017). Por ello, el aprendizaje en progresión permite analizar mejor las interacciones en los ecosistemas y la dinámica de las redes tróficas, desarrollando patrones de razonamiento práctico, antropomórfico, concreto, causal, simple, semicomplejo y causal-complejo, que al ser utilizados por los estudiantes son articulados de forma diversa, con implicaciones importantes en el aprendizaje, y más aún si se realiza en los primeros grados de primaria (Hokayem & Wenk, 2016). En este marco, el funcionamiento de las redes tróficas al comprender un sistema de relaciones permite desarrollar diferentes niveles de pensamiento, de ahí la importancia de su abordaje en la escuela. Su dominio conceptual fortalece la comprensión de la compleja construcción multinivel y sistémica de las relaciones de alimentación anidadas en un sistema mayor (Eilam, 2012). Por eso, el pensamiento sistémico ayuda a la comprensión de las redes tróficas como concepto transversal y a reconocer nociones inherentes: patrones, casusas y efectos; sistemas y modelos de sistemas; los flujos de energía y la materia; la estabilidad y el cambio; toda vez que ayudan a entender que los ecosistemas no sobreviven si las especies se extinguen, sino que se transforman en algo distinto (Silva & Maskiewicz, 2016). De allí se comprueba que este enfoque es pertinente para entender las interrelaciones parte-parte, parte-todo, todo-entorno que dinamizan el sistema, cuya persistente modificación genera propiedades emergentes y su multicausalidad ofrece distintos caminos para comprobar ideas. Esta interacción conforma una red, originando una dependencia entre las partes del sistema y genera cambios a nivel micro o macro, modificando el sistema y la habilidad para focalizar la atención en distintos niveles sistémicos, originándose así diversos tipos de complejidad a través de leyes que operan en cada nivel y que consolidan una complejidad organizada (Peñaloza, 2013). Así, una nueva comprensión científica en todos los niveles de los sistemas vivientes (organismos, sistemas sociales y ecosistemas) surge desde la trama circular, posibilitando una comprensión sistémica que consolida nuevas redes de conceptos para explicar el funcionamiento complejo de las redes tróficas (Giraldo, 2016). La idea de ecosistema como conjunto de organismos con relaciones simples y la noción de red trófica como lineal y unidireccional se ven superadas por las relaciones generadas (depredación, soporte, cobijo, defensa) y la respuesta de los seres vivos a los factores del medio, escenario donde confluyen multiplicidad de aspectos que establecen relaciones complejas (García & Rivero, 1996).

Por todo lo descrito algunos investigadores realizan ese salto del enfoque lineal al pensamiento sistémico y en esa transición se produce una nueva comprensión de los ecosistemas y en general de los fenómenos naturales, ecológicos y ambientales. Cuando esto es llevado a las aulas se integran nociones, métodos, prácticas pedagógicas que formulan una construcción gradual, flexible y práctica del conocimiento que deriva en la configuración de redes conceptuales y sistemas de ideas, evidenciando que complejizar el pensamiento permite superar las dicotomías para encontrar sus matices.

Conclusiones

Se identificó que el aprendizaje de las redes tróficas desde el pensamiento lineal genera confusión en la interpretación de sus representaciones, haciendo deficientes las nociones aprendidas para explicar las complejas relaciones e interacciones presentadas entre ellas. De allí que exista un consenso general sobre la importancia del inicio temprano de la enseñanza de este concepto a partir del pensamiento sistémico para evitar dificultades de comprensión por parte de los estudiantes, más cuando la simplificación de las dinámicas de las redes, propuesta desde el pensamiento lineal, interfiere en el entendimiento de relaciones, interacciones, patrones y perturbaciones presentes en los ecosistemas (Rincón, 2011). En este sentido, ejercicios prácticos, cooperativos y fuera del aula facilitan la conexión de nociones abstractas con la realidad, permitiendo detectar las dificultades de comprensión y logrando al mismo tiempo desarrollar un abordaje contextual propio del planteamiento sistémico, acorde con la complejidad inherente a las redes tróficas (Giraldo, 2016), lo que posibilita la comprensión global de los esquemas de flujos y ciclos de energía y la interdependencia de los organismos en los ecosistemas, no sólo entre ellos sino también con el ambiente abiótico.

Al asumir el concepto de red trófica como un sistema complejo se reconoce su dinamismo, multicausalidad e interdependencia y se abordan habilidades cognitivas que propician el desarrollo de estructuras de pensamiento de orden superior, pues su funcionamiento según Eilam (2012), comprende un sistema de relaciones que, al entenderlas, mejora la capacidad para identificar componentes de un sistema, procesos, niveles e interrelaciones, patrones y mecanismos de control en el ecosistema, y cambios de equilibrio y aspectos espaciales y temporales de las relaciones de alimentación. De esta forma, se hace posible que el estudiante transite hacia lo abstracto, entendiendo la complejidad del fenómeno y la interdependencia de las causas y efectos.

Agradecimientos

A Edilberto, Alcira, Marcela, Marian y Lilian por su amor y apoyo incondicional.

Al doctor Ronald Andrés González por su asesoría.

Al programa de la Maestría en Educación por los espacios de formación.

Referencias

Ben-Zvi, O., & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in science teaching*, 42(5), 518-560.

Capra, F. (1998). *La trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Barcelona: Anagrama.

García, E., & Rivero, A. (1996). La transición desde un pensamiento simple hacia otro complejo en el caso de la construcción de nociones ecológicas. *Investigación en la Escuela*(28), 37-58.

Rincón, M. (2011). Concepciones de los estudiantes de educación básica sobre el ecosistema. Una revisión documental. *Revista Bio-grafía: Escritor sobre la biología y su enseñanza*, 4(7), 77-93.

Sweeney, B., & Sterman, J. (2007). Thinking about systems: student and teacher conceptions of natural and social systems. *Wiley InterScience*(23), 285-312