



¿Cómo incorporamos la complejidad en actividades de educación científica y ambiental?

How Do We Incorporate Complexity in Science and Environmental Education Activities?

Giselle Watanabe

Centro de Ciências Naturais e Humanas. Universidade Federal do ABC, Santo André, São Paulo, Brasil
giselle.watanabe@ufabc.edu.br

Genina Calafell Subirà

Dpto. d'Educació Lingüística i Literària, i Didàctica de les Ciències Experimentals i de la Matemàtica. Universitat de Barcelona, Barcelona, España
genina.calafell@ub.edu

Fátima Rodríguez Marín

Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
frodmar@us.es

RESUMEN • La naturaleza abierta de las temáticas socioambientales requiere de una mirada compleja en el contexto educativo. El objetivo de este trabajo es analizar sus dimensiones e identificar aquellos parámetros que guían las acciones educativas de los grupos GRCòmplex, IRES y GrECC. Para el análisis de datos, se considerará el análisis de contenido. A partir de los resultados, se identifican aspectos de la complejidad compartida por los grupos, así como sus singularidades. En relación con los compartidos se considera: una formación en la que la persona debe actuar en el mundo y proyectar su futuro considerando las incertidumbres que le trae, así como buscar los estudios de los fenómenos del mundo y la realidad, considerando las controversias, ideas previas y cosmovisiones. Y, en relación con el enfoque epistemológico, incluidos los conceptos científicos escolares, se apuntan los problemas sociales y ambientales.

PALABRAS CLAVE: Educación ambiental; Complejidad; Educación para la sostenibilidad.

ABSTRACT • The dynamic nature of socio-environmental issues requires a complex view in the educational context. This article seeks to analyze its dimensions with the aim of identifying parameters that guide the educational actions of GRCòmplex, IRES and GrECC. The analysis was carried out based on the content analysis. Based on the results obtained, aspects of complexity that are shared by three groups were identified, as well as their singularities. The aspects of complexity that are shared by these groups are: a training in which anyone can act in the world and project their future considering some uncertainties involved; studies that address world phenomena and reality, taking controversies, previous ideas and cosmovisions into account; as well as studies referring to an epistemological approach, including school scientific concepts, which are related to social and environmental issues.

KEYWORDS: Environmental education; Complexity; Education for sustainability.

Recepción: diciembre 2020 • Aceptación: diciembre 2021

INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual es clave trabajar cómo se trata la información y la construcción del conocimiento en el contexto académico. Esto se hace más evidente cuando consideramos reflexiones relacionadas con aspectos de complejidad (Morin, 2007; 2020), pues esta construcción de conocimiento se elabora a partir de la fragmentación y la simplificación de los objetos de estudio, distanciándose de la realidad, que es multidimensional y compleja.

La incorporación de la complejidad en la educación parece un aspecto emergente en enfoques educativos diversos que buscan superar la fragmentación y la simplificación, especialmente cuando se trata de la formación de individuos para afrontar situaciones abiertas, dinámicas y de riesgo (Beck, 2010), en las que es necesario también incorporar la criticidad (Freire, 1968). En este sentido, repensar los procesos de enseñanza desde la complejidad implica reflexionar sobre la multidimensionalidad de la educación: el propósito, la metodología y la epistemología (Bonil, Junyent y Pujol, 2010; Díaz y Watanabe, 2019; Calafell y Banqué, 2017). Unas dimensiones que representan un conjunto de acciones y actitudes que, si están presentes en los procesos educativos, pueden promover una formación más crítica y compleja.

¿Cómo incorporar la complejidad en el contexto escolar contemporáneo y en la enseñanza de las ciencias? Nos parece que los problemas socioambientales, como señala García (2004), pueden promover discusiones que conduzcan a una formación más compleja, pues favorece la posibilidad de abordar las incertidumbres y los riesgos e incorporar diferentes puntos de vista bajo la misma pregunta. En otras palabras, cuando enfocamos el aprendizaje de las ciencias desde los problemas socioambientales, también es posible lidiar con la complejidad de manera coherente con algunos de los aspectos que la caracterizan: incertidumbres, errores, caos, autoorganización, conexiones, equilibrio dinámico, etc. Para responder a la pregunta planteada se han considerado diferentes investigaciones que abordan educación y complejidad (Watanabe y Rodríguez-Marín, 2018; Watanabe y Kawamura, 2020). Estas investigaciones proporcionan una visión general de la perspectiva de la complejidad en la producción socioambiental y en la educación en Brasil y España, a través de trabajos académicos publicados en revistas de enseñanza. Los resultados identifican una gama considerable de producciones con el potencial de abordar la complejidad. Estas responden a diferentes enfoques: (i) específicos, (ii) potencial en transición o (iii) alto potencial consolidado. En particular, las producciones en (iii) están más cerca de la perspectiva de la complejidad como elemento organizador de la dimensión educativa, la dimensión de enseñanza-aprendizaje y la dimensión epistemológica. A partir de ese enfoque, se seleccionaron tres grupos de investigación para profundizar en la cuestión. Estos son: GRCòmplex (Grupo de Investigación Còmplex), IRES (Investigación y Renovación Escolar) y GrECC (Grupo de Enseñanza de las Ciencias y sus Complejidades). Particularmente, el GrECC investiga y propone actividades para la educación básica basadas en elementos que articulan aspectos de la complejidad y el medio ambiente, buscando guiarse por las propuestas tres dimensiones: educativa, de enseñanza-aprendizaje y epistemológicas. La propuesta del GrECC basada en las dimensiones incorpora un conjunto de intervenciones con un enfoque socioambiental y la formulación de preguntas como: «¿Se está calentando la Tierra? ¿Cómo lo podemos saber? ¿Qué evidencias tenemos?». La intervención en el aula sigue una estructura general basada en cinco momentos, cada uno de los cuales, a su vez, con el desarrollo de una actividad.

Sobre la base de estas consideraciones, el artículo busca en los contextos españoles líneas de investigación similares a las dimensiones de la complejidad, que impregnan el trabajo del GrECC, para validar y proponer nuevas estrategias. Dicha investigación pretende aportar estrategias metodológicas para incorporar la complejidad en las actividades educativas a partir de un análisis práctico de un estudio de casos múltiples. En consecuencia, nos preguntamos: ¿Cuáles son las metodologías que favorecen la introducción de la complejidad en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias desde las cuestiones

socioambientales? ¿Qué estrategias metodológicas son comunes entre los diferentes grupos que trabajan la complejidad? ¿Cuáles son específicas de cada grupo? Para responderlas se definen los objetivos específicos: 1) identificar y analizar las estrategias didácticas y las aproximaciones de los enfoques de complejidad indicados por GrECC, GRCòmplex e IRES; y 2) identificar y definir estrategias compartidas y generalizables para incorporar la complejidad en las actividades de enseñanza y aprendizaje de las ciencias desde un enfoque socioambiental.

MARCO TEÓRICO

La búsqueda de estrategias para organizar, construir y reconstruir la investigación y la enseñanza desde la complejidad nos lleva a investigaciones ya realizadas con anterioridad y aplicadas en el contexto del GrECC (Watanabe y Kawamura, 2020; Ávila et al., 2020; Santos et al., 2021). En este sentido, las dimensiones –educativa, de enseñanza-aprendizaje y epistemológica– pueden contribuir a la organización del trabajo escolar y a la formación de las asignaturas. Básicamente, se refieren a la incorporación de la perspectiva de la complejidad a la hora de construir conocimiento, y creemos que esta triple dimensionalidad favorece la posibilidad de cambiar la postura del sujeto cambiando las visiones del mundo del alumnado. Las dimensiones aportan algunas ideas organizadas que tienen como objetivo comunicar acciones, reflexiones y actitudes que pueden conducir a una formación más crítica (Freire, 1968). En este sentido, ayudan a favorecer estrategias didácticas en el aula que pueden conducir a la educación científica escolar y que contribuyen a una mayor atención a la forma de pensar y actuar en un mundo complejo, dinámico y lleno de riesgos (Beck, 2010).

La dimensión educativa o *Enfoque de la Educación* (DE) se caracteriza por considerar los supuestos educativos que son consistentes con la perspectiva de complejidad y criticidad. En otras palabras, se ocupa de los objetivos y propósitos de la educación que se desea. Esta busca el protagonismo del alumnado en la construcción de sus conocimientos, considerando tales conocimientos como inducir comportamientos, valores y acciones. Esta forma de ver la educación más crítica también implica considerar los aspectos culturales y la cosmovisión que impregna (o anhela) una sociedad. Una educación desde la perspectiva ambiental crítica, compleja y reflexiva (EA_{CCR}) que busca: *i*) promover otra visión de la ciencia en la que la simplificación y la reducción no limitan la complejidad, y *ii*) considerar la complejidad de los problemas socioambientales en las esferas social, económica, política y cultural, dejando claro que los problemas reales también tienen interferencias en otras esferas del conocimiento. Asimismo, se refiere a una educación basada en la confrontación personal que se extiende antes, durante y después de la toma de decisiones de los sujetos. Esto significa buscar continuamente una posición crítica, compleja y reflexiva para predecir riesgos, también sobre la base del *principio de precaución* (Beck, 2010).

La dimensión *Dinámica y Estrategias Educativas* (DEA) se caracteriza por espacios y acciones que pueden insertar la complejidad en las actividades escolares. Se trata de incorporar la complejidad de manera efectiva en los planes de estudio escolares, incluidas las acciones de los docentes con énfasis en su autonomía. Por lo tanto, busca considerar acciones y estrategias en las instituciones educativas que conduzcan a un cambio de un pensamiento simple a uno más complejo (García, 2004; 2021; Morin, 2007; 2020). En la DEA, uno debe considerar: *i*) la función del centro educativo y el papel de la área de conocimiento, buscando instigar el cambio o el fortalecimiento de la actitud del estudiante hacia su realidad a partir de su participación efectiva en la sociedad; *ii*) la selección del tema, considerando problemas dinámicos y abiertos, conectados con los intereses y preocupaciones de los sujetos y que, al mismo tiempo, puedan movilizar contenido cultural significativo y socialmente relevante; *iii*) la construcción del conocimiento escolar, considerando que el conocimiento escolar tiene su propia naturaleza y promueve condiciones para las transiciones entre diferentes formas de conocimiento; y

iv) la propuesta para el aula que promueve reflexiones basadas en la complejidad del conocimiento y en estrategias que consideran caminos temáticos, incluyendo los niveles de formulación e hipótesis de transición (Rodríguez-Marín, Fernández-Arroyo y García, 2014; Rodríguez-Marín et al., 2017; Carvalho y Watanabe, 2019).

La dimensión epistemológica o *Contenidos Científicos Escolares* (DEp) se refiere a la discusión de la complejidad en el campo de las ciencias naturales y humanas. Específicamente, se intenta incorporar la perspectiva de la complejidad para abordar situaciones en las que el reduccionismo y las predicciones deterministas sobre la evolución de los sistemas dinámicos físicos naturales fallan. Esto sugiere tratar problemas de investigación contemporáneos. DEp busca: *i*) identificar el conocimiento científico relevante; *ii*) incorporar el lenguaje de la complejidad para enfrentar el azar, el caos y el desorden de orden; y *iii*) considerar aspectos de la termodinámica y la ecología relevantes para proporcionar reflexiones sobre el sentido del tiempo, los eventos y el papel del azar, además de la irreversibilidad desde la perspectiva de la entropía. Para nosotras, la búsqueda de la complejidad está guiada por la perspectiva física del no equilibrio (Prigogine, 1996; Prigogine y Stengers, 1992), en la que la irreversibilidad y la «seta del tiempo» y las peculiaridades de la vida son sistemas complejos, autoorganizados y lejos del equilibrio (Murphy y O'Neill, 2002); y, en ecología, por la perspectiva sistémica (García, 2004). En consecuencia, se trata de aspectos que toman como marco de referencia las conexiones, la incertidumbre, la teoría del caos, la teoría general de sistemas, la teoría de la información, el ciclo biogeoquímico, el concepto de homeostasis, los bucles recursivos, el concepto de biocenosis, el principio de indeterminación, el factor limitante (límite biofísico, capacidad de carga de un ecosistema, huella ecológica), el principio de simbiogénesis, la ecología energética (ecologismo), etc.

METODOLOGÍA

La investigación sigue una modalidad de estudio instrumental extensible (Stake, 1995) a diversos estudios de casos. Su finalidad es buscar particularidades en los casos singulares –en la investigación del GRCòmplex y de IRES– para poder generalizar algunas estrategias que favorezcan la incorporación de la complejidad en los contextos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias desde el enfoque de los problemas socioambientales. Para ello se toma como referencia los aportes de la complejidad de GrECC (en «Marco teórico») para observar los dos casos. A continuación, se presentan los dos casos de estudio, GRCòmplex e IRES:

- *Estudio de caso de GRCòmplex*: Su propósito es investigar y promover nuevos enfoques en la educación científica y la educación para la sostenibilidad –incluyendo la educación para el consumo–, considerando la perspectiva de la complejidad. Sus ámbitos de actuación son la formación inicial y permanente de maestros de los diferentes niveles educativos y las personas educadoras de contextos educativos formal y no formal (<http://grupcomplex.uab.cat>).
- *Estudio de caso IRES*: la red IRES (https://www.redires.net/?q=quienes_somos) fue creada a principios de la década de 1980. Este grupo tiene la intención desde sus inicios de integrar en el grupo a docentes de diferentes niveles educativos. Como referencia para su trabajo, se encuentra el modelo de didáctico basado en la investigación escolar, que parte del constructivismo y la perspectiva de la complejidad (Delord y Porlán, 2018).

Estrategia de obtención de datos

La investigación utiliza dos estrategias para obtener datos: el guion documental (GD) y el guion de reflexión (GR) sobre su propia práctica. El GD es un instrumento para la recogida de datos de las

estrategias seguidas por los dos grupos de investigación analizados. Está organizado a partir de las dimensiones de la complejidad (DEA, DE y DEp) (en «Marco teórico»). Los documentos analizados en esta etapa son:

- El artículo de GRCòmplex: «Is water always in balance? A work activity for the education of sustainable consumption from creativity and body expression» (Bonil, Calafell, Fonolleda, Guilera, Querol y Viciano, 2009); y «El Consum Sostenible: Un repte per a l'Escola i per a la ciutadania» (Calafell, 2005).
- El artículo de IRES: «Los huertos escolares ecológicos, un camino decrecentista hacia un mundo más justo» (Rodríguez-Marín, Fernández-Arroyo, Puig y García-Díaz, 2017); y «¿Qué percepciones iniciales tiene el profesorado en formación inicial sobre el uso en infantil de Huertos Eco-didácticos?» (Aragón y Rodríguez-Marín, 2019).

El GR está organizado en tres preguntas sobre las prácticas, la didáctica y la metodología que caracterizan a los grupos. Para responderlas, se invitó a cuatro personas investigadoras con trayectoria en el grupo que dialogaron para proponer una respuesta conjunta. Las preguntas que orientan este guion están relacionadas con las tres dimensiones (DE, DEA y DEp) y son:

1. El enfoque de la educación (educación científica, educación ambiental) que trabaja en el grupo desde la complejidad ¿Qué implicaciones pretende lograr en los estudiantes? (DE).
2. ¿Qué dinámicas y estrategias educativas se incorporan en las actividades educativas que caracterizan que la actividad se aborde desde la perspectiva de la complejidad? (DEA).
3. ¿Cuáles son las ideas de contenido científico o conceptos estructurales que favorecen enseñar y aprender desde la complejidad? ¿Por qué? (DEp).

El análisis de los datos se ha basado en técnicas de análisis de contenido (Bardin, 2016). El instrumento para este análisis son las dimensiones y los indicadores deductivos del marco teórico y la práctica basada en la propuesta de GrECC (en «Marco teórico»). En concreto, la DEp tiene seis indicadores (por ejemplo: *irreversibilidad y flecha en el tiempo* sería uno de los indicadores); la DEA contiene siete indicadores (por ejemplo: *reflexiones sobre el cambio y el fortalecimiento de la actitud del alumnado hacia su realidad* sería un indicador); y la DE presenta cuatro indicadores (por ejemplo: *la búsqueda de formar un sujeto crítico, complejo y reflexivo*). El proceso realizado ha sido, en primer lugar, una lectura global de las respuestas a los guiones presentados. Estas se fueron fragmentando en unidades de información, según si sus similitudes semánticas hacían referencia implícita o explícita a los elementos relacionados con las dimensiones de la complejidad. Posteriormente, se ha realizado un análisis más inductivo para obtener otros indicadores. A partir del análisis de la presencia o ausencia de estos indicadores en la muestra recogida, se han podido identificar las estrategias metodológicas comunes y diferenciadoras de cada grupo.

RESULTADOS

Los resultados se presentan sobre la base del análisis de la presencia de las dimensiones y los indicadores en los datos del GD y, posteriormente, del GR, con el fin de dar respuesta a las preguntas de investigación.

Resultados del GD: las estrategias didácticas que movilizan GRCòmplex e IRES para incorporar la complejidad

En relación con la DE, GRCòmplex propone una educación para la sostenibilidad que tiene relación con el consumo de bienes y servicios. A la vez, considera importantes las relaciones y su equilibrio entre lo natural y lo social, lo individual y lo colectivo. También considera la necesidad de promover una sociedad que se mueve por los conceptos de sostenibilidad, proponiendo reflexiones más allá de las alternativas convencionales y tradicionales. Hay una apuesta por favorecer una educación centrada en la imaginación y el diálogo para superar el determinismo y el reduccionismo y trabajar con el alumnado propuestas divergentes y nuevas soluciones a un futuro incierto (Bonil et al., 2009).

En relación con la DEA, propone una actividad de reflexión sobre el consumo cotidiano del alumnado respecto a la energía y el agua. Para eso, las actividades empiezan formulando preguntas a situaciones diarias del alumnado, por ejemplo, cuándo se despiertan. La formulación de preguntas promueve diálogos entre disciplinas, lenguajes y puntos de vista individuales y colectivos. Buscan la relación entre competencias y contenidos de diversas disciplinas y áreas curriculares desde el diálogo y la imaginación. Por ejemplo, para abordar la gestión del agua se quiere que el alumnado sea consciente de la función biológica y social del agua, identifique la sostenibilidad como un equilibrio entre el medio ambiente y las necesidades de las personas y relacione dos o más indicadores (trayecto del agua, calidad, cantidad, uso, etc.) que nos permiten valorar la sostenibilidad del consumo de agua. Las actividades propuestas tratan de responder las cuestiones: ¿Cuánto estás dispuesta a pagar por el agua? ¿Cómo nos relacionamos con el agua? ¿El agua está siempre en equilibrio? ¿Son todas las aguas iguales? En la segunda parte de esta actividad se analiza el concepto de sostenibilidad y su aplicación al consumo de agua, utilizando como metáfora las figuras humanas y los factores que intervienen en su equilibrio. Seguidamente, se propone simular una compra de agua tomando diversas estrategias que ponen de relieve el azar, como el uso de ruletas, dados y cartas, y discutir las diferencias en el origen del agua, el lugar de consumo, el uso que se hará de ella, la cantidad que se usará, la forma en que se obtiene el agua del grifo o embotellada y el tipo de recipiente. Finalmente, con la intención de discutir las estrategias de consumo del agua, usa una adaptación del juego comercial Twister con una propuesta de movimiento y actividad corporal. El grupo apuesta por la introducción de juegos y dinámicas que consideran múltiples variables y permiten construir diferentes procesos y soluciones finales.

En relación con la DEp, la introducción de la complejidad para trabajar la sostenibilidad implica reformular el enfoque tradicional de la ciencia y sus contenidos sobre: la base de la sostenibilidad como equilibrio dinámico entre el medio y las personas; las fluctuaciones y los cambios que se dan sobre el medio; y su capacidad de adaptación y relación con los fenómenos cotidianos como el agua para gestionar los recursos desde una visión compleja y que dé respuesta desde la sostenibilidad. En especial, fomenta el aprendizaje en el diálogo entre diferentes puntos de vista como estrategia fundamental para superar el reduccionismo y gestionar la incertidumbre. Las tareas sobre el agua tratan la relación entre el precio, los diferentes contextos en los que compramos agua y su valor; la relación del consumo de agua y su extracción o impacto en el medio ambiente, desde la sostenibilidad como equilibrio dinámico entre el medio y las personas, la capacidad de adaptación y las fluctuaciones en el medio ambiente; la propuesta de reflexiones y la construcción de criterios para evaluar la sostenibilidad de la gestión del agua que consideran multiplicidad de aspectos (uso, calidad, etc.); y sobre todo las relaciones entre estos aspectos.

IRES, en relación con la DE, busca una educación ambiental centrada en la perspectiva decrecentista. Propone la reducción de la producción económica de manera progresiva y regulada, rechazando frontalmente el crecimiento económico indefinido y el productivismo. Defiende, por tanto, que en el modelo decrecentista es necesario producir una «(...) ruptura del sistema, la toma de conciencia

de los límites del planeta y la búsqueda de unas condiciones de vida óptimas con menos recursos» (Rodríguez-Marín et al., 2017, p. 807). Propone incentivar los aprendizajes a partir de la resiliencia de la población, potenciar la participación ciudadana creando redes de cooperación que busquen una sociedad más justa, más democrática e igualitaria. Propone formar un espíritu crítico, creativo y con capacidad de resolver problemas, y por eso apuntan que «(...) debería ser esencial una educación que permitiera tomar conciencia de la situación real en la que vivimos y que dotará de estrategias para vivir con menos recursos sin que esto suponga entrar en una situación de caos y desorden» (Rodríguez-Marín et al., 2017, p. 807).

En relación con la DEA, se propone comprender los límites del crecimiento y el análisis del mayor rendimiento energético, tomados a partir de los presupuestos de la permacultura y agricultura ecológica. Propone ocho bloques de contenidos que se pueden presentar con diferentes itinerarios didácticos posibles y con distintos niveles de complejidad (desde las relaciones con los problemas que se plantean al inicio del agotamiento de los recursos hasta el cambio climático). Toma como recurso didáctico el huerto ecológico, de forma que las actividades sean cotidianas para el profesorado. En esa perspectiva, la sugerencia es estudiar contenidos como la gestión del agua, la energía, los residuos y también la resiliencia de las futuras generaciones (el huerto ecológico didáctico como recurso para la supervivencia).

En relación con la DEp, se identifican diferentes aspectos de la complejidad, en aspectos como la disponibilidad de recursos y el uso más eficaz de la energía, la regeneración, el desequilibrio, la emergencia planetaria, las redes autogestionadas, autónomas y flexibles, la diversidad y polivalencia, la complementariedad y el antagonismo. Se marcan como objetivo en las actividades reequilibrar las interacciones entre los seres humanos con la naturaleza, que implicaría un cambio del sistema capitalista. Hay una preocupación por el consumo desenfrenado que lleva a un desequilibrio entre recursos disponibles y consumidos. Utilizan la permacultura como una posibilidad de proponer reflexiones más complejas. Siguiendo a los autores, «(...) la permacultura no se presenta solo como una propuesta alternativa de agricultura ecológica, sino también como una forma de diseñar el territorio, un estilo de vida y una filosofía que contempla todos los aspectos de cómo vivir armoniosamente como seres humanos respetando la tierra y sus recursos finitos, optando por maximizar la eficiencia y autosuficiencia de los agroecosistemas» (Rodríguez-Marín et al., 2017, p. 808).

Resultados del GR: las concepciones de GRCòmplex e IRES para incorporar la complejidad

En relación con la DE, GRCòmplex propone formar sujetos capaces de comprender el mundo complejo y dinámico «y les invita a dibujar un futuro abierto y de incertidumbre» (Equipo Còmplex, EC)¹. Hay una preocupación por la democratización del conocimiento y por una acción transformadora en la línea de la criticidad y la creatividad y desde la incorporación de unos valores de ecoddependencia e igualdad social. «Busca contribuir en una futura ciudadanía que tenga pensamiento crítico y creativo, sea estratega en la acción y con unos valores de ecoddependencia y equidad social con el entorno» (EC). La comprensión del mundo desde la complejidad está muy presente en la formación propuesta por GRCòmplex, especialmente teniendo en cuenta la necesidad de que el alumnado sea consciente de esta en su vida cotidiana (p. e. en el consumo de agua, de un móvil, etc.).

En DEA, para GRCòmplex surgen inquietudes sobre los tipos de preguntas que se deben formular a los estudiantes, siendo esencial que se conecte el pensar con el hacer, e indican que «las preguntas son la puerta de conexión entre pensamiento y acción» (EC). Proponen preguntas que comuniquen, contextualicen y den significado a los fenómenos del mundo, y que estos se presenten como una cuestión

1. Para el análisis son identificados como EC las respuestas dadas por investigadores de Còmplex; y EI para los investigadores de IRES.

relevante social y ambientalmente para formar a los ciudadanos. Enfatizan que tales preguntas deben ser capaces de conectar con el dinamismo y las escalas. También proponen presentar paradojas y controversias, indicando que «los retos o las controversias, invitan al alumnado a pensar de forma diferente y a comprender realidades desde diversidad de perspectivas, a veces más divergentes o creativas» (EC). También proponen conectar la diversidad de puntos de vista para comprender el mundo y relacionarlo con los enfoques disciplinarios, estableciendo una organización jerárquica de los contenidos en estructurales, centrales y curriculares. Señalan que estas actividades deberían favorecer la comprensión del azar y la incertidumbre de los escenarios futuros. Asimismo, destacan la importancia de tratar historias y narraciones sin un final predeterminado y con posibilidades de construcciones y reconstrucciones.

En DEp, para GRCòmplex, el concepto de idea vector orienta y vertebra toda la acción educativa y es una manera de aproximarse al mundo desde la transformación. Una idea vector como un concepto que permite a los participantes de la acción educativa comprender el mundo desde el enfoque de encontrar nuevas entidades y relaciones. Esta idea es transversal a las áreas de conocimiento, incorpora la perspectiva de la complejidad y tiene un fuerte componente social (Calafell y Junyent, 2017). Señalan algunos de los principios que guían esta visión: «El principio dialógico (entidades aparentemente contrarias pueden dialogar y ser complementarias), el principio sistémico (el todo es más que la suma de las partes) y el principio hologramático (un sistema sigue unas reglas escalares entre lo macro y lo micro en forma de holograma o fractal)» (EC). Para GRCòmplex, es importante considerar la cosmovisión de los estudiantes y presentan otras ideas raíz, como «Inimaginable, Constraintuitivo, Dinamismo, Perspectiva, (Re)volución» (EC), para promover esta enseñanza. Asimismo, enfatizan la necesidad de conectar la idea vector con los contenidos curriculares desde la acción de capacitación.

En relación con la DE, IRES indica como concepto base la investigación escolar: «La actividad educativa debe centrarse en investigaciones realizadas por los estudiantes, aprovechando lo que ya sabe el niño y ajustando la intervención del profesorado a las características del alumnado, y de sus necesidades en un contexto de menor disponibilidad de recursos (decrecimiento)» (Equipo IRES, EI). La actividad educativa debe preparar a la población incrementando su resiliencia. Propone un sistema educativo complejo basado «en la autonomía, la creatividad, la polivalencia, el trabajo cooperativo y el espíritu crítico, en el que se adopten distintas perspectivas, entendiendo la concepción sistémica del mundo o la causalidad entendida como interacción» (EI). En este sentido, la palabra clave que utilizan es la de *organización*, «en el que la calidad frente a la cantidad nos da una mejor medida de la complejidad» (EI).

En la DEA, IRES propone un modelo de investigación y enseñanza basado en las ideas de los estudiantes y sus experiencias (enseñanza basada en la investigación), visto que «es un modelo que se basa en la capacidad que tenemos las personas para investigar y en la importancia que tiene para el aprendizaje las ideas y experiencias que poseen los alumnos» (EI). Señalan los *ciclos metodológicos* como un elemento que puede contribuir a lidiar con la complejidad del proceso de enseñanza-aprendizaje, que no es fijo o lineal. En una programación didáctica, hay algunos pasos que ayudan a organizarlos, como «(1) Presentación y formulación de problemas; (2) Ideas previas del alumnado *IP* o Hipótesis Iniciales; (3) Contraste de ideas y prácticas para analizar y explicar los problemas; (4) Recapitulación o elaboración de conclusiones respecto a los problemas planteados, pudiendo salir nuevos problemas que abrirán un nuevo ciclo» (EI).

En la DEp, IRES apunta al metabolismo social (lineal y circular) como una puerta de entrada para discutir aspectos de la complejidad: «Se trabaja este concepto en el marco de las consecuencias socioambientales que ocasiona el modelo de metabolismo social lineal que marca la actividad humana frente al metabolismo circular de la biosfera» (EI). Al abordar este problema, el sistema social y económico se ve desde diferentes puntos de vista, como el consumo, la apropiación, la transformación, el transporte y el uso de energía y materiales. Un enfoque clave es el flujo de energía y recursos materiales,

su aporte y procesamiento en el planeta teniendo en cuenta una situación de decrecimiento (choque de nuestra civilización con sus límites biofísicos). Indican que en un sistema socioeconómico capitalista «donde se desarrolla un *metabolismo lineal*, donde todos los residuos producidos por el consumo de recursos no vuelven a reincorporarse al sistema. Supone un problema la entrada y salida de los mismos, pues no se recicla de manera circular y se pierden grandes cantidades de energía» (EI). Toman los problemas socioambientales como una posibilidad de trabajo, en particular, considerando los huertos ecológicos didácticos basados en la permacultura, como en el ejemplo presentado. Vinculados a estas ideas, destacan conceptos como el reciclaje, la eficiencia, las interacciones, la resiliencia, la autosuficiencia, los ciclos naturales y el flujo de energía.

CONVERGENCIAS Y SINGULARIDADES: LA BÚSQUEDA DE UNA PERSPECTIVA MÁS COMPLEJA

Discusión de los resultados - GD

En la DE, los dos grupos comparten la idea de que es relevante estudiar en la institución educativa el modo de producir y consumir. Aunque GRCòmplex toma un enfoque crítico ante la sociedad de consumo e IRES un enfoque crítico ante la imposibilidad de crecimiento económico, los dos grupos proponen la necesidad de incorporar la complejidad en la resolución de problemas y la búsqueda de nuevas formas de estilo de vida y alternativas. En estas cuestiones, GRCòmplex apuesta por trabajar el diálogo entre puntos de vista, la creatividad y la imaginación, e IRES, por trabajar desde el espíritu crítico y la resiliencia. Los grupos comparten la necesidad de cuestionar el modo de producir y consumir actual, la necesidad de indagar en alternativas y nuevas formas de estilo de vida y la resolución de los problemas incorporando la complejidad.

En referencia a la DEA, los dos grupos comparten la importancia de presentar una actividad mediante un punto de partida claro, compartido y cotidiano para el alumnado. GRCòmplex habla de los fenómenos del mundo e IRES de la presentación de problemas. Coinciden en la movilización de la diversidad de contenidos de diferentes áreas curriculares y materias para afrontarlos. A la vez, los dos comparten la importancia de concebir la enseñanza y el aprendizaje desde la complejidad, como un proceso en el que es clave la idea de estrategia e itinerarios del profesorado y del estudiante; en este sentido, GRCòmplex lo trabaja considerando ante una situación diferentes variables que interactúan de forma multicausal, e IRES, a partir de una progresión de contenidos que van de menos a más complejos. Finalmente, solo GRCòmplex aporta la idea de incorporar actividades con una fuerte componente de azar (por ejemplo, juegos) y la introducción de un lenguaje artístico para expresar y representar los contenidos. En suma, los grupos comparten la presentación de la actividad mediante un punto de partida claro y cotidiano, la movilización de diversidad de contenidos de diferentes áreas y materias y el proceso y los itinerarios como estrategia clave para incorporar la complejidad.

Para la DEp, los dos grupos coinciden en la necesidad de vincular la complejidad y la sostenibilidad con una relación entre los seres humanos y el medio desde un enfoque de equilibrio y dinamismo. GRCòmplex apunta al equilibrio dinámico entre el medio y las personas, las fluctuaciones sobre el medio y su capacidad de adaptación, y toma el consumo de productos y servicios y su relación con la gestión de recursos naturales. IRES busca tratar la eficiencia y autosuficiencia de los agroecosistemas con presupuestos como la permacultura, el reequilibrio de las interacciones entre seres humanos y naturaleza, y el desequilibrio entre recursos disponibles y recursos consumidos. En la tabla 1 se muestra un resumen de estas discusiones.

Tabla 1.
Convergencias y singularidades entre GRCòmplex e IRES - GD

GrECC	Convergencias	Singularidades	
		GRCòmplex	IRES
DE	<ul style="list-style-type: none"> - El modo de producir y consumir. - Necesidad de alternativas a los estilos de vida. - La resolución de problemas desde la complejidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Enfoque crítico a la sociedad de consumo. - La creatividad y la imaginación. - El diálogo entre puntos de vista. - La educación para la sostenibilidad en relación con el consumo de bienes y servicios. - La importancia del equilibrio dinámico entre lo natural y lo social, lo individual y lo colectivo. - La necesidad de superar el determinismo y el reduccionismo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Enfoque de la educación ambiental desde la perspectiva decrecentista (permacultura y agricultura ecológica). - La toma de conciencia de los límites del planeta. - La necesidad de la resiliencia de la ciudadanía para vivir con menos recursos. - El impulso de la participación democrática y cooperativa. - La formación crítica y creativa para tratar problemas.
DEA	<ul style="list-style-type: none"> - La presentación de la actividad a partir de la cotidianidad. - La movilización de diversidad de contenidos de diferentes áreas. - La importancia de los procesos como estrategia para incorporar la complejidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - La diversidad de variables y su interacción. - Las dinámicas con un fuerte componente de azar y de lenguajes artísticos. - Los fenómenos didácticos como punto de partida de la actividad. - La formulación de preguntas que promuevan el diálogo entre disciplinas, lenguajes y puntos de vista individuales y colectivos. - La definición de competencias y contenidos de diversas disciplinas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los itinerarios didácticos con diferentes niveles de complejidad. - La definición de problemas como inicio de la actividad. - El huerto ecológico didáctico como una actividad para los profesores y que incorpora la diversidad de contenidos.
DEp	<p>La relación dinámica entre seres humanos y medio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La sostenibilidad como equilibrio dinámico entre el medio y las personas. - Las fluctuaciones sobre el medio y su capacidad de adaptación. - El agua y la gestión cotidiana del consumo sostenible. 	<ul style="list-style-type: none"> - La eficiencia y autosuficiencia de los agroecosistemas con presupuestos de la permacultura. - El reequilibrio de las interacciones entre seres humanos y naturaleza. - El desequilibrio entre recursos disponibles y recursos consumidos.

Discusión de los resultados - GR

En la DE, los dos grupos incorporan la necesidad de formar al estudiante para ser ciudadanos del presente y del futuro y para comprender el mundo desde la complejidad. En concreto, GRCòmplex da fuerza en este enfoque a la incertidumbre del futuro y la capacidad del estudiante hacia una acción estratégica, mientras que IRES destaca las relaciones sistémicas para comprender el mundo y que el estudiante apueste por la calidad frente la cantidad como medida de la complejidad. A la vez, los dos grupos consideran importante incluir un enfoque crítico y creativo en las actividades prácticas. En este caso, GRCòmplex apuesta por su vínculo con la acción transformadora y la democratización, e IRES por su relación con el trabajo cooperativo y la resiliencia. IRES aún realiza una aportación singular –la investigación– y la relación recíproca entre profesorado y estudiante como elemento clave que trabajar. En suma, los dos grupos comparten claramente la idea de la necesidad de formar al alumnado como ciudadano del presente y el futuro para comprender la complejidad del mundo y la inclusión de un enfoque que incluye prácticas críticas y creativas.

En relación con la DEA, los dos grupos apuestan claramente por una enseñanza y aprendizaje que se entiende como un proceso dinámico, abierto y no lineal, y cada grupo, para lograr este fin, propone un proceso a seguir, que si bien es diferenciado tiene claramente rasgos comunes y que se pueden complementar fácilmente: 1) GRCòmplex apuesta por un proceso de formulación de preguntas, definición de contextos, introducción de controversias significativas para los estudiantes, conexión con los contenidos desde preguntas e introducción de dinámicas abiertas para construir una respuesta al contexto/pregunta/controversia que, adecuada al contexto pero no cerrada, formula nuevas preguntas; 2) IRES propone una metodología que consiste en la presentación de problemas, en la exploración e identificación de las ideas de los estudiantes, en la conexión de las ideas y el problema con nuevos aportes y análisis de este, en la construcción de conclusiones para el problema y en la formulación de nuevos problemas.

Finalmente, en la DEp no hay convergencias en las respuestas de los investigadores y cada grupo apuesta por su enfoque. GRCòmplex opta por el concepto de idea vector ligado como vía para conectar la ciencia con la complejidad y la sostenibilidad, e IRES, por la incorporación de los conceptos de la permacultura y el trabajo de conceptos ligados al metabolismo social y al flujo de energía y recursos materiales. En la tabla 2 se muestra un resumen de estas discusiones.

Tabla 2
Convergencias y singularidades entre GRCòmplex e IRES - GR

GrECC	Convergencias	Singularidades	
		GRCòmplex	IRES
DE	<ul style="list-style-type: none"> - La necesidad de formar al alumno como ciudadano del presente y para un futuro complejo. - La inclusión de prácticas críticas y creativas. 	<ul style="list-style-type: none"> - La comprensión del mundo como sistema complejo, dinámico, incierto. - La inclusión de la democratización del conocimiento, la acción transformadora, la criticidad y la creatividad. - Los valores de la ecodependencia y la equidad social. 	<ul style="list-style-type: none"> - La comprensión de las relaciones sistémicas y de calidad <i>versus</i> cantidad en los patrones de organización. - La inclusión de un trabajo cooperativo y de resiliencia. - La formación desde la investigación y la interacción entre alumnado y profesorado.
DEA	<p>La enseñanza y aprendizaje como un proceso dinámico, abierto y no lineal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La formulación de preguntas como puente entre el pensamiento y la acción de los estudiantes. - Las preguntas y los contextos social y ambientalmente relevantes. - Las paradojas y las controversias para introducir diferentes puntos de vista -críticos y creativos- y conectar con los contenidos para darles respuesta. - Los procesos abiertos, sin final pre-determinado y con posibilidades de construcción múltiple para trabajar el futuro incierto. 	<ul style="list-style-type: none"> - La enseñanza basada en la investigación (ideas de los estudiantes y sus experiencias como motor). - Los ciclos metodológicos para superar una enseñanza que no es lineal y fija sino compleja: formulación de problemas; ideas previas, contraste y análisis de los problemas; construcción de conclusiones y formulación de nuevos problemas.
DEp	---	<ul style="list-style-type: none"> - El principio dialógico, sistémico y hologramático para orientar la idea de vector. - La idea vector conecta con los contenidos curriculares y la acción de capacitación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Metabolismo social (lineal versus circular) para la complejidad. - Los distintos puntos de vista del sistema social y económico: el consumo, la apropiación, la transformación, el transporte y el uso de energía y materiales. - Problemas socioambientales.

¿Cuáles son las categorías más compartidas por GrECC, GRCòmplex e IRES?

La triangulación de los resultados expuestos indica que GrECC, GRCòmplex e IRES señalan, en la dimensión DE, el tipo de sujeto que se pretende formar y que debe incorporar una perspectiva abierta y considerar un mundo complejo y dinámico. Tal persona debe actuar en el mundo y proyectar su futuro considerando las incertidumbres que le trae. Para esta capacitación, la ciudadanía debe tomarse como un elemento clave y tratar de hacer de este tema un agente activo, creativo, público y político, como lo destaca Freire (1968) cuando se trata de una perspectiva más crítica del mundo. La democratización del conocimiento y la búsqueda de una acción transformadora también son aspectos planteados por los tres grupos. Especialmente, en el GRCòmplex, aparecen las expresiones *democratización del conocimiento, ecodependencia y equidad social*; y en GrECC existe una preocupación por el entrenamiento para la reflexividad y criticidad, es decir, la posibilidad de cambiar de posición cuando el sujeto incorpora otros conocimientos en su lista de ideas.

La metodología didáctica que caracteriza a la DEA busca involucrar al alumnado, ya sea proponiendo controversias o a partir de sus ideas previas o de sus cosmovisiones. En este sentido, los fenómenos del mundo y la realidad parecen ser fundamentales para el debate. Hay una preocupación por las diferentes formas de ver el mismo problema, teniendo en cuenta las disciplinas, contenidos y sus especificidades. GRCòmplex considera la jerarquía de contenidos más globales a más específicos para una organización del conocimiento. El tema de las incertidumbres, ya sea tomado de temas actuales o futuros, también está presente en los discursos de ambos grupos (presentando paradojas o controversias). Los tres grupos apuntan a estrategias didácticas abiertas y diversificadas. GrECC sugiere un debate sobre los modelos científicos, sociedad y gobierno; sesiones participativas y dialogadas; recopilación de datos y evidencias locales y globales para abordar las incertidumbres. IRES indica la construcción de huertos ecológicos didácticos teniendo en cuenta los preceptos de la permacultura y la preocupación por los refugiados (la cuestión social preeminente). GRCòmplex indica la formulación de preguntas como fuerza para construir conocimiento y conectar pensamiento y acción transformadora.

En cuanto al enfoque epistemológico (DEp), incluidos los conceptos científicos escolares, los grupos apuntan a una perspectiva que incluye la complejidad de los problemas sociales y ambientales. Considerando las singularidades de los grupos, GRCòmplex incorpora la idea de vector, lo que denota un enfoque más transdisciplinario, aspectos de complejidad y contexto social, cuidando de incorporar valores y acciones que involucren diversidad de lenguajes; IRES aborda el metabolismo circular del metaconcepto tomando los huertos ecológicos como referencia de trabajo; y GrECC opta por trabajar con el cambio climático y sus modelos científicos involucrados con otras esferas de conocimiento (social, cultural, económico, etc.). El principio dialógico, el principio sistémico y el principio holográfico presentado por Morin (2007) son vistos claramente como guías del trabajo de los tres grupos. En cuanto a los conceptos resaltados, la idea de ciclo y flujo de energía, resiliencia y eficiencia aparece explícitamente en IRES. Para GRCòmplex, tales conceptos abarcan valores éticos, lo que conduce a lo imaginable, al dinamismo, a la evolución y al sistema. Para GrECC, los conceptos impregnan sistemas complejos, autoorganizados y lejos del equilibrio, centrados en el cambio climático y sus hipótesis sobre el calentamiento global (modelos).

La figura 1 presenta algunos aspectos compartidos entre los tres grupos cuando abordan la educación desde la complejidad.

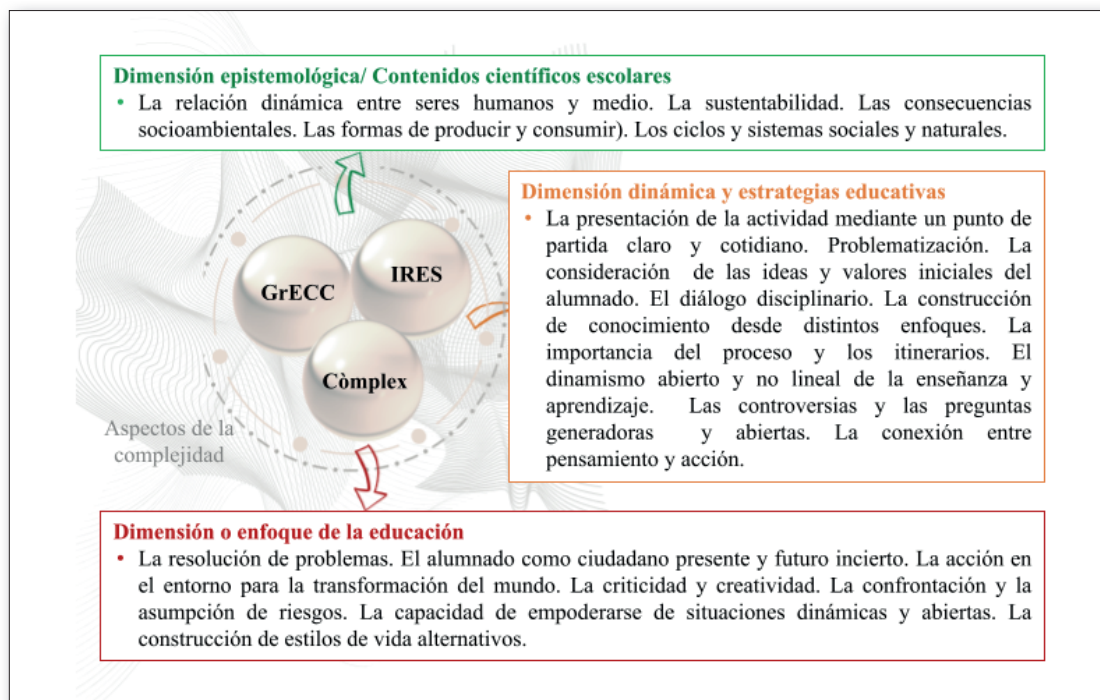


Fig. 1. Categorías más compartidas por GRCòplex, IRES y GrECC.

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES

En relación con las preguntas ¿Cuáles son las metodologías que favorecen la introducción de la complejidad en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias desde las cuestiones socioambientales? ¿Qué estrategias metodológicas son comunes o diferenciadoras entre los grupos? Los resultados muestran que las estrategias basadas en controversias y desafíos son fundamentales para proponer actividades complejas en el aula. Un segundo aspecto compartido entre los grupos son las investigaciones y las experiencias que conecten con la realidad y contextualicen los temas. Un tercer aspecto relevante es la reformulación de actividades, que deben dejar de ser cerradas. En estas, el proceso y el itinerario que realiza el alumnado para su aprendizaje y su acción como ciudadano es clave. En este sentido, es evidente que una de las preocupaciones centrales es el respeto por la individualidad y los tiempos de aprendizaje de los estudiantes y el proceso de diálogo. Entre algunos de los puntos que distinguen a los grupos y que representan sus peculiaridades, destacan la importancia de las ideas previas de los estudiantes (Cubero, 2005) por parte de IRES y el enfoque de las controversias y la formulación de preguntas por parte de GRCòplex. Cabe señalar que, para GRCòplex, los valores y la diversidad de lenguajes (también artísticos) son esenciales para el aprendizaje, reflejados en la idea del vector.

Los grupos señalan la necesidad de conectar las metodologías que favorecen la complejidad con un enfoque educativo que considere los problemas socioambientales actuales y los retos que tenemos como ciudadanía. En este sentido, se concluye la necesidad de poner en crisis nuestra relación como sociedad con el medio ambiente desde un enfoque social y crítico y superar la fragmentación del saber disciplinar (Morin, 2020; García, 2021).

La investigación expuesta permite concluir que existe un conjunto de aspectos de complejidad que convergen en los tres grupos, que, a su vez, indican elementos esenciales para proponer una enseñanza más compleja. Cabe señalar que las dimensiones, utilizadas por GrECC, que indican aspectos

de complejidad, se han mostrado adecuadas y relevantes para incorporar e identificar la inserción del enfoque complejo en las propuestas y en los supuestos de los tres grupos de investigación. En este sentido, la organización de los datos a través de DE, DEA y DEp se ha demostrado como un buen enfoque e instrumento capaz de sistematizar y separar las ideas y acciones de los diferentes grupos. Esta organización sistematizada y más focalizada (en el sentido de incorporar aspectos de la complejidad en espacios específicos) es esencial para que la perspectiva de la complejidad se incorpore efectivamente en la capacitación básica; para que el profesorado pueda identificar espacios específicos para las acciones (Watanabe y Kawamura, 2020).

Finalmente, entendemos que, aunque nuestro trabajo cumple con las demandas de contextos específicos, la complejidad nos une. Esta unión nos lleva a comprender la necesidad de cambios en la forma de lidiar con los problemas del mundo contemporáneo, en la forma de tratar con nuestro alumnado, quienes deben estar capacitados para enfrentarse a situaciones dinámicas, inciertas, de riesgo y confrontación. Debemos, por tanto, promover que el alumnado modifique su forma de pensar y actuar hacia enfoques más sostenibles y sociales, y en este sentido, la complejidad nos parece un elemento clave para ello.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se refiere al proceso n.º 2018/ 19136-3, de la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) y al proceso n.º 440369/2019-3, del Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) y el Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), a los que agradecemos la financiación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aragón, L. y Rodríguez-Marín, F. (2019). ¿Qué percepciones iniciales tiene el profesorado en formación inicial sobre el uso en infantil de Huertos Ecodidácticos? En *Actas VI Congreso Internacional de Docencia Universitaria*. Vigo: CINDU.
- Ávila, R. A., Costa, F. M. O., Carvalho, F. R., Ribeiro, T. C., Buratto, L., Strajaneli, L., Silva, J. R. S. y Watanabe, G. (2020). As ideias de pesquisadores, professores e graduandos sobre aspectos da complexidade. *Revista Eletrônica de Ensino de las Ciencias* 19(3), 497-519. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen19/REEC_19_3_1_ex1453_606.pdf
- Bardin, L. (2016). *Análise do Conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Beck, U. (2010). *Sociedade de Risco*. São Paulo: Editora 34.
- Bonil, J., Calafell, G., Fonolleda, M., Querol, M. y Viciano, S. (2009). Is water always in balance? A work activity for the education of the sustainable consumption from creativity and body expression. The Consumer Citizenship Network. Sixth annual conference the technical University of Berlin, 40-46.
- Bonil, J., Junyent, M. y Pujol, R. M. (2010). Educación para la Sostenibilidad desde la perspectiva de la complejidad. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 7(extra), 198-215. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2644>
- Calafell, G. (2005). El Consum Sostenible: Un repte per a l'Escola i per a la ciutadania. *Xarxa Educació del Consumidor*, 6(28).
- Calafell, G. y Banqué, N. (2017). Caracterización de las concepciones de complejidad de un grupo de investigadores de la educación ambiental. *Enseñanza de Las Ciencias*, 35.1, 53-69. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1909>

- Calafell, G. y Junyent, M. (2017). La idea vector y sus esferas: una propuesta formativa para la ambientalización curricular desde la complejidad. *Teoría de La Educación. Revista Interuniversitaria*, 29(1), 189-216.
<https://doi.org/10.14201/teoredu291189216>
- Carvalho, F. R. y Watanabe, G. (2019). A construção do conhecimento científico escolar: hipóteses de transição identificadas a partir das ideias dos(as) alunos(as). *Educação em Revista*, 35, e180873.
<https://doi.org/10.1590/0102-4698180873>
- Cubero, R. P. (2005). Perspectivas constructivistas: la intersección entre el significado, la interacción y el discurso. Barcelona: Graó.
- Delord, G. C. y Porlán, R. A. (2018). Del discurso tradicional al modelo innovador en enseñanza de las ciencias: obstáculos para el cambio. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 35, pp. 77-90. ISSN: 2255-3835.
- Díaz, J. E. G. y Watanabe, G. (2019). Menos pode ser mais: do decrescimento e descomplexificação à complexidade. *Linhas Críticas*, 25.
<https://doi.org/10.26512/lc.v24i0.19699>
- Freire, P. (1968). *Pedagogia do Oprimido*. Río de Janeiro: Paz e Terra.
- García, J. E. (2004). *Educación ambiental, constructivismo y complejidad*. España: Díada Editora S. L.
- García, J. E. (2021). *Educación ambiental y Complejidad*. Sociedade Brasileira de Física. Simposio Nacional de Ensino de Física. <https://www.youtube.com/watch?v=g1xUqX-VqxY&t=1150s>
- Morin, E. (2007). *Introdução ao pensamento complexo*. Porto Alegre: Sulina.
- Morin, E. (2020). *Cambiemos de vía. Lecciones de la pandemia*. Paidós.
- Murphy, M. P. y O'Neill, L. A. J. (2002). *O que é a vida? 50 anos depois*. São Paulo: Editora UNESP.
- Prigogine, I. (1996). *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza*. São Paulo: Editora da UNESP.
- Prigogine, I. y Stengers, I. (1992). *Entre o tempo e a eternidade*. São Paulo: Companhia das letras.
- Rodríguez-Marín, F., Fernández-Arroyo, J., García, J. (2014). Las hipótesis de transición como herramienta didáctica para la educación ambiental. *Revista Enseñanza de Las Ciencias*, 32(3), 300-318.
<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/287574>
- Rodríguez-Marín, F., Fernández-Arroyo, Puig, M. y García, J. E. (2017). Los Huertos Escolares Ecológicos: un camino decrecentista hacia un mundo más justo. *Enseñanza de las Ciencias*, n.º extraordinario, 805-810.
- Santos, C. S., Carvalho, F. R., Freitas, D. y Watanabe, G. (2021) Um percurso temático complexificado sobre horta: as contribuições das hipóteses de transição. *Revista de Educação Ambiental y Sostenibilidad*, 3(2), 2101. <https://revistas.uca.es/index.php/REAYS/article/view/7115>
- Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*. Thousand Oaks: Sage.
- Watanabe, G. (2021). As contribuições dos aspectos da complexidade para um ensino de física mais crítico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43(Suppl. 1), e20200416.
<https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2020-0416>
- Watanabe, G. y Kawamura, M. R. D. (2020). Contribuições das produções sobre a complexidade: aportes para a educação científica escolar. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(2), 428-454.
<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n2p428>
- Watanabe, G. y Rodríguez-Marín, F. (2018). Aspectos da complexidade nas questões socioambientais: as abordagens no Brasil e na Espanha. *Ciência & Educação*, 24(3), 543-562.
<http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320180030002>

How Do We Incorporate Complexity in Science and Environmental Education Activities?

Giselle Watanabe

Centro de Ciências Naturais e Humanas. Universidade Federal do ABC, Santo André, São Paulo, Brasil
giselle.watanabe@ufabc.edu.br

Genina Calafell Subirà

Dpto. d'Educació Lingüística i Literària, i Didàctica de les Ciències Experimentals i de la Matemàtica. Universitat de Barcelona, Barcelona, Espanya
genina.calafell@ub.edu

Fátima Rodríguez Marín

Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Sevilla, Sevilla, Espanya.
frodmar@us.es

The open and dynamic nature of socio-environmental issues requires a more comprehensive view of aspects of complexity, especially in the educational context. In this article, the proposals and the ideas related to the perspective of three international research groups are presented: the Còmplex research group, the IRES group (Research and School Renewal) and GrECC group (Science Teaching Group and its Complexities). This article seeks to analyze the dimensions that can be approached from the perspective of complexity and identify a set of parameters that can guide educational actions. For data analysis, content analysis has been used, while the perspective of complexity and the usual strategies in ethnographic studies are considered as parameters. The works analyzed are relevant productions on socio-environmental issues of the groups involved, in summary: global warming, the school garden and water consumption. Based on the results, aspects of the complexity shared by the groups are identified, as well as their singularities. Related to the shared ones, it is considered a more open perspective, with a training in which anyone can act in the world and project their future considering some uncertainties involved, trying to be an active, creative, public, and political agent, in a more critical perspective. On the other hand, it seeks studies of world phenomena and reality, considering strategies that are based on controversies and challenges to propose complex activities in the classroom, including the role of conceptions and cosmovisions. This relevant reformulation of activities, which cannot be closed and in which the process and the itinerary that the students perform for their learning and their action as citizens is key.

The three research groups indicate the need to connect methodologies that support complexity with an educational approach which considers the current socio-environmental issues and challenges for citizens. Assuming this, it is concluded that we need a change in our relationship with the environment from a social and critical approach and to overcome the fragmentation of knowledge.

Furthermore, the exposed findings allow us to conclude that there is a set of aspects of complexity that converge in different groups, which, in turn, indicate essential elements to propose a more complex teaching. It is noticed that the dimensions used by GrECC have been shown as adequate and relevant for incorporating and identifying the insertion of complex approaches in the proposals and assumptions of the three research groups. Hence, it has proved to be a good approach and instrument capable of systematizing and separating the ideas and actions of the different groups. This systematized and more focused organization (in the sense of incorporating aspects of complexity in specific spaces) is essential for the perspective of complexity to be effectively incorporated into basic teacher education courses; so that the teaching staff may identify specific spaces for actions.