

PENSAR

La Educación

Anuario del Doctorado en Educación

Número 9 Especial (2016-2018)
Depósito Legal: ME2021000278
La Educación en la Interacción y la Complejidad
Año 2021
Universidad de Los Andes,
Mérida, Venezuela

TEORÍAS DE LA COMPLEJIDAD COMO CAMPO EPISTÉMICO EN LA FORMACIÓN METACIENTÍFICA DE LAS CIENCIAS SOCIALES Y HUMANAS

Lisbeth Guerra Unda
lisbethg480@hotmail.com

Resumen

La presente monografía se estructura en función de los avances teóricos en el proyecto de investigación relacionado con la integración entre las teorías de la complejidad como campo epistémico y la formación metacientífica en el contexto de las ciencias sociales y humanas, dada la importancia que ha adquirido el componente epistemológico en la formación de competencias investigativas. El recorrido analítico se estructuró en función de los aportes de la racionalidad científica sedimentada en el debate del pensamiento complejo y ciencias de la complejidad, a partir de un cruce fructífero entre diferentes tradiciones intelectuales, así como la incorporación de algunos aportes en términos transversales de la línea de investigación “naturaleza de la ciencia” (NOS, por sus siglas en inglés), con el propósito de cartografiar el mapa categorial que se deriva de ese encuentro interdisciplinario. Este trabajo representa el componente teórico de un proyecto de investigación en curso, la información se sistematizó en torno a “campos epistémicos”, para valorar la calidad y pertinencia de los modelos epistemológicos incluidos en la formación metacientífica.

Palabras clave: Formación metacientífica, componente epistemológico, sistemas complejos, naturaleza de la ciencia.

Lisbeth Guerra-Unda. Profesora Titular adscrita al Programa de Ciencias Sociales, Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social, UNELLEZ, Barinas-Venezuela. <https://orcid.org/0000-0003-3453-680X>.

THEORIES OF COMPLEXITY AS AN EPISTEMIC FIELD IN THE META-SCIENTIFIC FORMATION OF SOCIAL AND HUMAN SCIENCES

Summary

This monograph is structured according to the theoretical advances in the research project related to the integration between the theories of complexity as an epistemic field and the meta-scientific training in the context of social and human sciences, given the importance that the epistemological component has acquired in the formation of investigative competences. The analytical journey was structured based on the contributions of scientific rationality established in the debate on complex thought and the sciences of complexity, based on a fruitful crossing between different intellectual traditions, as well as the incorporation of some contributions in transversal terms of the line of research "Nature of Science" (NOS), with the purpose of mapping the categorical map that is derived from this interdisciplinary encounter. The methodological access was achieved through a documentary study, the information was systematized around "epistemic fields", to value the quality and relevance of the epistemological models included in the meta-scientific training. Part of the documentary corpus of the research is made up of the curricular networks and training programs in two (2) doctorates, one in social sciences and the other in education.

Keywords: Meta-scientific training, epistemological component, complex systems, nature of science.

Introducción

Se registra en la comunidad académica diferentes líneas de investigación sobre la importancia del componente epistemológico, como uno de los ejes metateóricos en la formación científica. Una de las líneas identificada es la epistemología de la didáctica de las ciencias sociales, con estudios como los de Camilloni (1995), Alderoqui y Aisenberg (1998), Benejam y Pagès (1997) y Aisenberg (1998). Otra de las líneas de gran relevancia está constituida por la vertiente llamada "naturaleza de la ciencia" (NOS, por sus siglas en inglés), que ha sistematizado una gran cantidad de evidencias empíricas sobre la formación metacientífica, en la que se corrobora la desactualización de contenidos metateóricos (epistemológicos, históricos y sociológicos) explícitos y sistemáticos en los planes de estudios en diferentes niveles de la educación, nos referimos a investigaciones en el área de la formación en epistemología del profesorado en ciencias (Chamizo & Izquierdo, 2005, Echeverría, 2005; Hodson, 2009; Lorenzano, 2011; Ariza. & Adúriz-Bravo, 2012; entre otros).

La discusión sobre NOS (Naturaleza de la ciencia) y su valor educativo viene de hace mucho tiempo, por ejemplo, James Rutherford, hace 50 años publicó un artículo que trataba de separar lo que se consideraba investigación en el marco de la empresa científica y sus conceptualizaciones relacionadas con la investigación como propósito de aprender conceptos y métodos de la ciencia. La contribución de este autor en la discusión sobre temas de naturaleza de la ciencia (NOS), se relaciona con su participación directa como uno de los

creadores del Proyecto 2061, bajo la Asociación Estadounidense para el Avance de la Ciencia (AAAS), un proyecto que es quizás el mayor esfuerzo a largo plazo para mejorar la educación científica y alfabetización científica en todo el mundo.

Dentro de ese corpus de conocimientos acumulado, es importante hacer mención de las investigaciones referidas a la formación del profesorado en ciencias en epistemología planteadas por Adúriz-Bravo (2009, 2011) ubicado en una línea de investigación reconocible en la comunidad científica, aun cuando este autor se orienta hacia las ciencias naturales, sus preocupaciones epistemológicas en la formación científica también competen a las Ciencias Sociales y Humanas, por lo que sirven de marco teórico para la presente investigación.

El mayor impacto de los vacíos en la formación metacientífica consiste en la reproducción de unas imágenes de ciencia y de científico sin un soporte crítico y reflexivo actualizado sobre qué es la ciencia, generando una formación en los estudiantes metateóricamente deficitaria, con graves consecuencias en su desempeño como investigadores. Partimos entonces de un cruce fructífero entre la epistemología de los sistemas complejos y la categoría de formación metacientífica a la luz de las nuevas concepciones de “naturaleza de la ciencia” (NOS) que al día de hoy ocupan gran interés en la comunidad académica, especialmente la vertiente que se denomina concepciones emergentes (Matthews, 2012, Irzik y Nola, 2011, Adúriz-Bravo, 2005, Erduran y Dagher , 2014; Bejarano et al., 2019, Manassero-Mas y Vázquez-Alonso , 2019).

La corriente emergente de NOS apuesta por la incorporación de elementos tanto epistémicos como no-epistémicos, tales como comunicación científica, personalidad del científico, política, relaciones profesionales en la comunidad científica, etc., que han sido atendidos de manera insuficiente en la vertiente tradicional de NOS (Aragón-Méndez, Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2017). Para efecto de este artículo nos centramos en los recursos teóricos de esas nuevas tendencias, que propician una visión más holística de la ciencia, y dan acceso a un conjunto de conocimientos o “miradas” metateóricas que tratan las diversas características de la ciencia, ya sea desde un punto de vista internalista, o en un carácter eminentemente cultural y social.

De ahí que, resulta imperativo para la comunidad académica criterios para una efectiva “vigilancia epistemológica” que conduzca a identificar y evitar patologías metateóricas en el proceso de educación científica. Es dentro de esta problemática que se inscribe el presente artículo, con el objeto de acercar la epistemología reciente y actual relacionada con las teorías de la complejidad (Maddonado, 2009; Reynoso, 2008; Ton, Brent y Goele , 2017) como un campo epistémico en la formación investigativa, representa un campo emergente en la nueva arquitectura científica. El propósito de este acercamiento va dirigido a valorar críticamente la calidad y pertinencia de los conocimientos epistemológicos circulantes en la formación científica.

En cuanto a las coordenadas del análisis de las teorías de la complejidad, es necesario, contextualizar el proceso de metamorfosis en las ciencias sociales a partir de lo que Blaikie (2007) denomino “giro de la complejidad”, un espacio controversial que interpela a

la comunidad científica a re- visar y re- pensar la arquitectura categorial de la metafísica occidental, generándose un nuevo mapa cognitivo orientado hacia la integración de teorías transdisciplinarias en la construcción y deconstrucción de una nueva ciencia. La irrupción de este nuevo magma cognitivo (Lanz, 2010) es relevante en la constitución de una nueva matriz epistémica, y por ende, una nueva racionalidad científica tiene profundas implicaciones en la dinámica y organización de las ciencias, nos sitúa en una postura de observación que contribuye a la decantación del conocimiento científico y pone de relieve el debate sobre el problema del determinismo epistemológico, la reducción ontológica, postula la importancia del pluralismo metodológico en el conjunto de las ciencias sociales.

En el contexto de este “giro de la complejidad” se observa la emergencia de síntesis e hibridaciones teóricas-metodológicas en torno a las ciencias de la complejidad (Guerra, 2019), como eje articulador entre diferentes vertientes intelectuales tales como: complejidad – ciencias de la complejidad y ciencias de redes, dado que sus discursos permean a toda la academia, desde una matriz epistémica renovada. En el transcurso del análisis se evidenciaron avances significativos en la producción intelectual de dichas vertientes y su aceptación en la comunidad académica.

E igualmente, se destaca la organización de la actividad científica ya no desde la disciplina, sino en lo que Maldonado (2009) ha denominado “ciencias de fronteras”, así como también la superación de la lógica clásica por lógicas no clásicas, coherentes con la ontología de pluralidad y diversidad de los fenómenos. Estas lógicas emergen como “inteligencias de enjambres” que apuestan a un pluralismo lógico coherente con el estudio de sistemas complejos suficientemente exhaustivos en la búsqueda de los niveles de complejidad, enmarcados en estudios de naturaleza transdisciplinaria. Todo lo anteriormente descrito trae a colación un punto de quiebre, como es el hecho de que, los instrumentos y métodos de investigación utilizados en la actualidad no son eficientes.

Finalmente, para cerrar este apartado, se sostiene que el aporte de este artículo se centra en la apropiación de un marco teórico robusto que de cuenta de la vinculación entre las categorías de análisis correspondientes a este estudio, como lo son: el componente epistemológico de las teorías de la complejidad y la formación metacientíficas, los resultados se pueden fundamentar en una propuesta analítica que complemente, expanda y matice la aplicación de criterios para una efectiva “vigilancia epistemológica”, con el objeto de pensar, organizar y evaluar ese componente epistemológico en el contexto formativo.

Esta es una investigación en proceso, es la construcción del marco teórico en el que se hizo una revisión exhaustiva de fuentes secundarias contentivas, por un lado, de la bibliografía especializada orientada a examinar la producción intelectual sobre las teorías de la complejidad y formación metacientífica con el auxilio de la vertiente emergente de Naturaleza de la Ciencia (NOS). El proyecto se dirige a trazar un mapa de las “epistemologías” presentes en el proceso de formación meta científica con especial atención a los modelos teóricos adoptados desde la epistemología como disciplina académica, con énfasis en los desarrollos epistemológicos recientes de la teoría de la complejidad.

Por otra parte, en el marco de este estudio se hace uso metodológico del concepto “Campo Epistémico”, como eje analítico o campo teórico, para organizar el corpus documental, con el objeto de clasificar en términos amplios al conjunto de actores filosóficos y científicos que han realizado alguna contribución intelectual a los campos epistémicos delimitados en el estudio, por lo que se identifican claramente los siguientes campos: Pensamiento Complejo, Ciencias de la Complejidad y Formación Metacientífica (con el auxilio de NOS).

E igualmente, se utilizan algunos criterios taxonómicos derivados de la propuesta de la vertiente emergente de NOS, que sirven de indicadores para valorar la calidad del conocimiento epistemológico, se parte de la selección de criterios e indicadores planteados por Adúriz-Bravo (2006), correspondiente a la propuesta de los “campos teóricos estructurantes” de la epistemología, dado su potencial como recurso metodológico ampliamente testeado y validado por la comunidad científica.

Estos campos propuestos viabilizan el análisis sobre “cuestiones metateóricas” e “ideas clave” de la epistemología del siglo XX y reflexiones sobre naturaleza profunda de la ciencia, es decir, para Adúriz-Bravo, estos campos permiten un marco para la organización de los contenidos metateóricos circulantes en la comunidad académica, en ese sentido, representan para Amador-Rodríguez et al. (2018):

Ideas estructurantes que permiten organizar contenidos de la epistemología con el propósito de analizar y evaluar la actividad científica, desde distintas épocas epistemológicas y que para este trabajo son los que tienen una vinculación sustancial con la didáctica de las ciencias, método, validación del conocimiento y verificación del aprendizaje. (p. 2)

Las ideas estructurantes están definidas en siete campos, siguiendo a Adúriz- Bravo (2006) son: 1.-Correspondencia y racionalidad, 2.- Representación y lenguajes, 3.- Intervención y metodologías, 4.- Evolución y juicio. 5.- Contextos y valores, 6.- Demarcación y estructura, 7.- Normatividad y recursión. Los “campos teóricos estructurantes” permiten de manera explícita generar ejes analíticos fundamentales. Al respecto señalan Pujalte, Adúriz-Bravo y Porro (2015):

A estas respuestas, que responden a modelos epistemológicos particulares, Adúriz-Bravo las da en llamar ideas epistemológicas clave de la epistemología. Según el autor, las ideas clave son afirmaciones sencillas sobre aspectos relevantes de la imagen de ciencia que queremos construir como profesores de ciencias; ellas suponen una toma de decisión para seleccionar una mirada epistemológica particular (el realismo pragmático, el evolucionismo, el estructuralismo, el falsacionismo sofisticado, el objetivismo. (p.44)

En ese sentido, la apuesta por una ciencia viva implica estructurar su análisis sobre las condiciones en las que se produce y organiza la epistemología académica, este estudio permite una evaluación crítica de las diferentes posiciones epistemológicas a lo largo de su evolución histórica (Ariza et al., 2009), expresada como un campo de saberes híbridos en la cultura y práctica científica de los doctorados, que adquiere una carga teórica importante en

la formación epistemológica tanto de los docentes como doctorandos. Los planes de estudios seleccionados compilan argumentos relevantes y específicos correspondientes a la actividad científica y presentan los marcos teóricos de los saberes epistemológicos que se imparten.

Resultados

Los resultados parciales de la investigación presentados en este trabajo se han organizado en función de los campos epistémicos seleccionados: Pensamiento Complejo, Ciencias de la Complejidad y Formación Metacientífica con el auxilio de NOS. Es importante, antes de iniciar el desarrollo de los campos epistémicos seleccionados para hacer la distinción entre los dos (2) modos de abordaje metodológico y epistemológico que en la comunidad científica circulan sobre el manejo de la complejidad organizada: de un lado encontramos las llamadas Ciencias de la Complejidad, distribuidas en ciencias y disciplinas, ciencias físico-naturales, más proclive al empleo del lenguaje formal y matemático como: la física, la cibernética, química, la biología, la termodinámica, entre otras; y de otro lado, desde las ciencias sociales, encontramos el Pensamiento Complejo (Morin). (Rodríguez y Rodríguez, 2014; Maldonado, 2010).

En esta distinción se evidencia una tensión, entre pensamiento complejo y ciencias de la complejidad, las mismas constituyen piezas de un gran puzzle de teorías que no son cuerpos formales continuos y exhaustivos que puedan aplicarse orgánicamente a algún conjunto de escenarios empíricos (cf. Edens 2001; Abraham 2002; Bunge 2004). No hay entonces teorías de la complejidad totalizadora, unificada, solo encontramos un diálogo transdisciplinario sobre estrategias cognitivas revolucionarias desde diferentes campos disciplinares, esta es la razón por la que se habla de dos (2) campos epistémicos a lo interno de las teorías de la complejidad.

En cuanto al problema sobre la demarcación del dominio de conocimiento entre Ciencias de la complejidad y pensamientos complejos, encontramos que Maldonado (1999) delimita con claridad la existencia de tres caminos en la comprensión de la complejidad: (1) la complejidad como método, (2) la complejidad como cosmovisión y (3) la complejidad como ciencia o ciencias de la complejidad. A continuación, en el próximo apartado se procede a desarrollar el contenido teórico-epistemológico de cada uno de los campos epistémicos seleccionados en este estudio.

Campo epistémico: Pensamiento Complejo

Este campo epistémico está representado por los planteamientos de Edgar Morin (1996,1999), este autor apuesta por la transición de un pensamiento científico clásico simplificador y reduccionista hacia un pensamiento sistémico - complejo, implica pensar lo social desde nuevas categorías constitutivas que representan un entramado de diversas estrategias cognitivas, a estas estrategias del pensamiento humano, Morin (1996, p. 6) las denomina “operadores del pensamiento que relaciona”. Son principio de recursividad, principio de auto-eco-organización, principio de emergencia, principio Hologramático, principio dialógico, principio de borrosidad, principio de reintroducción del sujeto cognoscente en todo conocimiento.

Para comprender el andamiaje teórico en el que se sustenta el pensamiento de Morin, es necesario conocer la sistematización e integración teórica que el autor presentó en su propuesta del Método, al respecto Osorio, 2012:

Mi método integró en su seno cuatro aportaciones: la aportación de una tradición filosófica de afrontar contradicciones que, nacida en Occidente con Heráclito, prosiguió con Nicolás de Cusa, Pascal, Hegel, Marx, Adorno, Jung, y se vio científicamente prolongada con Böhr, Gödel, Lupasco; la aportación de las “tres teorías” (información, cibernética, sistema) y de las teorías de la auto-organización y de la autoproducción (Von Forester, Maturana, Atlan); la reflexión filosófica sobre la naturaleza de la ciencia (Husserl, Heidegger); y la reflexión epistemológica sobre la primera revolución científica del siglo XX, suscitada por la irrupción de lo incierto (desorden, indeterminación, azar, caos) y efectuada por Bachelard, Popper, Lakatos, Kuhn, Feyerabend; añadí a ello una reflexión sobre la segunda revolución científica en curso que, al objeto de las ciencias compartimentadas, sustituye el carácter inseparable de las realidades sistémicas. (p. 271)

Además de la articulación de un corpus teórico – epistemológico, el autor propone la necesidad de integrar los conocimientos fragmentados en disciplinas o campos del saber, que si bien han permitido a la ciencia clásica profundizar en aspectos concretos del conocimiento de la realidad, en la actualidad empiezan a ser insuficientes dada su racionalidad restringida de especialización, esta situación constituye un obstáculo epistemológico y metodológico para la aplicación de la complejidad organizada, el llamado es a indisciplinar a la ciencia, trascender fronteras de organización del conocimiento actual, que en la praxis académica administrativa e investigativa se continúa haciendo ciencia desde la lógica disciplinaria, sin la presencia del diálogo entre las diferentes disciplinas.

Unos de los pilares de la propuesta de Morin (1996), la transdisciplinariedad, representa una opción ante la transformación y trastrocamiento profundo del piso epistémico en el que se fundó la racionalidad moderna, abre un amplio campo para la innovación, revisión de concepciones, incorporación de nuevas prácticas y estrategias cognitivas. Implica estudiar la realidad desde otros supuestos filosóficos, ontológicos, epistemológicos, antropológicos, éticos, lógicos, que transitan desde el modelo disciplinario a la interdisciplinariedad y de ésta a la transdisciplinariedad, y al mismo tiempo, responde a las críticas que las propias ciencias sociales han producido a lo largo de su historia ante posiciones reduccionistas que intentan concebir y manejar lo social desde su simplificación.

Autores como Wallerstein (1995); Martínez (2009) y Lanz (2010), entre otros, conminan a reflexionar, re- visar y re-pensar a las ciencias sociales para re-ajustarlas a las exigencias que demanda la realidad y trama social compleja de los contextos; desde los marcos interpretativos de la complejidad sistémica, orientado hacia la reflexión de un nuevo mapa cognitivo que implica la integración de estrategias cognitivas transdisciplinarias en la construcción y deconstrucción de una nueva ciencia. Se trata, entonces, de esclarecer una dimensión analítica desde una perspectiva holística y epifenoménica de la realidad en tal sentido, Martínez (2009) destaca:

Nuestro esfuerzo por repensar la Ciencia nos dará un conocimiento superior emergente, el cual será fruto de un movimiento dialógico de retro- y pro-alimentación del pensamiento. Por lo tanto, cada disciplina deberá hacer una revisión, una reformulación o una redefinición de sus propias estructuras lógicas individuales, que fueron establecidas aisladas e independientemente del sistema total con que interactúan, ya que sus conclusiones, en la medida en que hayan cortado los lazos de interconexión con el sistema global de que forman parte, serán parcial o totalmente inconsistentes. (p.30)

Considerando lo planteado por el autor, respecto al esfuerzo por repensar la ciencia, se corresponde con la preocupación de Ton, Brent y Goele (2017) quienes sostienen que se requiere de un conjunto integrado de paradigmas para crear una nueva ciencia del aprendizaje de la educación en las ciencias sociales, proponen la articulación entre el pensamiento complejo (Morin, 2002) y las tendencias evolutivas de articulación entre la historia y la antropología desde la perspectiva histórico-cultural en correspondencia con los planteamientos de Vygotsky, así como de Valsiner, y Van der Veer (2000). Ese conjunto de intersecciones entre disciplinas, según estos autores, podría permitir un enfoque transdisciplinario de la ciencia.

Campo epistémico: Ciencias de la Complejidad

Las ciencias de la complejidad constituyen el epicentro de la ciencia de punta y los desarrollos científicos de vanguardia que han sido de gran utilidad en diferentes campos, tales como: la medicina, en la política pública, economía, arquitectura, desarrollo de las ciudades, los estudios transdisciplinarios sobre el cerebro, entre muchos otros avances de la actualidad. Entre los programas de investigación, que profundizan en el estudio de los sistemas complejos, destacan: Instituto de Filosofía y Ciencias de la Complejidad (IFICC) grupo de expertos en modelamiento Matemático-Computacional en Ciencias Sociales; Grupo de Estudios Interdisciplinario sobre Complejidad y Ciencias Sociales en América Latina, dirigido por el Dr. Leonardo, Rodríguez Zoya (2014); Instituto de Sistemas Complejos de Valparaíso, sistemas complejos aplicados a la biología, física y matemática, ciencias cognitivas, filosofía, urbanismo, economía, redes en general; Centro de ciencias de la complejidad de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); entre muchos otros centros y programas de investigación, en el ámbito de las ciencias de la complejidad. (Guerra, 2020; Rodríguez Zoya, 2014)

Existe un gran corpus de publicaciones en revistas científicas, con factor de impacto, que giran en torno a la complejidad, ya la comunidad científica que está a la vanguardia se ha apropiado de las bondades de las ciencias de la complejidad. Institucionalmente hablando el desarrollo de las ciencias de la complejidad está unido a grandes plataformas de investigación y al auge de lo que se ha denominado ciencia de punta, a nivel internacional, según Maldonado (2010):

A nivel internacional, el origen institucional de la complejidad ha sido acordado con la creación del Instituto Santa Fe (ISF) en Nuevo México (E.U.) originalmente llamado Instituto Río Grande, gracias, inicialmente, a la ayuda de Los Álamos National Bank en el año 1984 y posteriormente, y de manera definitiva, gracias a los aportes económicos del Citicorp en 1987. El objeto de trabajo del Instituto sería conocido como los

sistemas complejos adaptativos (complex adaptive systems, CAS, en inglés), también encontramos el de la Universidad Libre de Bruselas (Bélgica) y de otros centros e institutos de investigación en todo el mundo. Son cada vez más numerosos los autores, los institutos de investigación, las universidades y las colecciones de importantes editoriales dedicados a la investigación y la promoción del estudio de los fenómenos complejos no - lineales. (p.9)

En este escenario de investigación, según Capra y Luisi (2014), se requieren de nuevas metodologías basadas en un marco transdisciplinario, las ciencias de la complejidad aportan ese repertorio de innovaciones técnicas y metodológicas que representan un verdadero desafío para la ciencias sociales, como por ejemplo: introduce el algoritmo computacional, equipos de alta velocidad y una capacidad para almacenar inmensas cantidades de datos digitales, lo que conduce a interrogarnos, sobre la eficacia que se puede alcanzar con recursos tecnológicos y métodos formales para responder a los escenarios de complejidad.

Por su parte Reynoso (2008) apuesta al amplio alcance del método de las ciencias de la complejidad y propone como criterio para ordenar el campo epistémico dos grandes categorías: los paradigmas globales de la complejidad y los algoritmos de la complejidad. El autor cuestiona a los “paradigmas globales de la complejidad” por considerar que constituyen una categoría bajo la cual se agrupan “grandes construcciones filosóficas” sin demasiado sustento experimental, aludiendo con especial énfasis a la propuesta del pensamiento complejo de Morin y a la ecología profunda de Capra, entre otros programas.

Igualmente, Reynoso (2008) alude al gran potencial analítico en las ciencias de redes complejas, para este autor la teoría de redes ha aportado métodos y objetivos imposibles de implementar pocos años antes, se volvieron no sólo viables sino de uso común en la totalidad de las disciplinas: dar cuenta del cambio complejo y la morfogénesis, disponer de teorías sobre transiciones de fase y procesos adaptativos, comprender mejor la emergencia, indagar fenómenos sociales de sincronización, diseñar algoritmos para encontrar comunidades en redes de gran porte, modelar nexos entre el micro y el macro nivel o entre la cognición, el espacio y la organización social, tratar analítica y gráficamente estructuras de miles o millones de elementos, disponer de un modelo matemático tratable a la altura de muchas de las complicaciones de la vida real.

Otro elemento importante a destacar, son las preocupaciones de orden epistemológico en autores tales como Jessop (2008), Bunge, (2004) Byrne (2005), Sayer; (2000); sobre la viabilidad científica de una ciencia social compleja, al observar la tensión, entre una renovada defensa de la aplicabilidad de la complejidad desde el realismo, que afirma que el conocimiento, pese a ser local y contextual, de modo alguno debe ser entendido de manera relativista, como ha ocurrido en el giro “postexplicativo” hacia un relativismo constructivista del conocimiento. En palabras de: Jessop (2012)

Para ellos, se debe evitar la trampa que conlleva una “concepción caótica” de la complejidad, urge distinguir entre “complejidad en general” y “modos específicos de complejidad” en diferentes contextos, aplicaciones, programas de investigación, etc.

Debe evitarse el riesgo de sucumbir ante tal “concepción caótica” que atenta contra un “objeto de investigación coherente” y un posible “principio explicativo coherente”. Las aplicaciones específicas y concretas de la teoría de la complejidad han de dar cuenta de un diálogo con teorizaciones rigurosas y relaciones coherentes con líneas solventes de investigaciones empíricas. (p. 225)

Para este grupo de autores, la viabilidad científica de la síntesis entre complejidad y teoría social se fundamenta en el realismo crítico (Sayer 2000) y otras formulaciones que también subrayan la importancia de los mecanismos generativos y del realismo, destacando el realismo científico de Bunge (2004). Se da un intenso debate, en cuanto a la posibilidad de caer en un reduccionismo constructivista versus un realismo absoluto.

Dada las controversias en la comunidad científica respecto a este campo epistémico, es prudente partir de una zona de acuerdo, es decir, del conjunto de presupuestos compartidos por las distintas tendencias de la complejidad, en ese sentido, es pertinente señalar que en la comunidad científica se registran algunas iniciativas orientadas hacia la búsqueda de la complementariedad entre el pensamiento complejo y ciencias de la complejidad. Al respecto Rodríguez Zoya y Aguirre (2011):

En la actualidad se desarrolla dentro del paradigma de la complejidad, pero no significa que cada una de estas vertientes sean posturas puras; hay traslapes entre ellas, y hay quienes están trabajando en sus intersticios o fronteras, como es el caso de José Luis Solana (2011), Leonardo Rodríguez Zoya y Julio Leónidas Aguirre (2011), David Byrne y Gill Callaghan (2013). Por ejemplo, uno de los temas de discusión en el que coinciden los autores citados es preguntarse la posibilidad de “incluir el potencial metodológico de las ciencias de la complejidad en un marco epistémico ampliado a la ética y la política como propone el pensamiento complejo. (p.17).

Y finalmente, para complementar este campo epistémico, es pertinente traer a colación otro grupo de vertientes intelectuales fundamentalmente latinoamericanas, que apuestan por el constructivismo sistémico, siguiendo el trabajo de Rolando García (2006), en esta vertiente se plantea que los problemas complejos requieren de la intervención de una metodología de investigación de carácter interdisciplinaria, centrada sobre el constructo de marco epistémico. La puesta en práctica de esta metodología coloca de relieve los problemas epistemológicos de la integración de enfoques disciplinarios en investigaciones interdisciplinarias, es por ello, que plantea estrategias de vinculación entre los componentes “internos” (psico-cognitivos) y “externos” (socioculturales) como indisociables, en un intento de aproximarse al conocimiento como un “sistema complejo”. Esta potencialidad se vuelve aún mayor, en la medida en que el “marco epistémico” permite estudiar la relación conocimiento-sociedad en otros niveles de análisis del constructivismo, ya sea el psicogenético, el metateórico o la interdisciplina.

Campo epistémico: Formación Metacientífica

Para efectos de la sistematización de este campo epistémico se señalan resultados de investigaciones en aspectos neurálgicos relacionados con la formación científica, en ese

sentido, se destacan las investigaciones en el área de imágenes de ciencia y de científico y de concepciones epistemológicas en los profesores de ciencias, que constituye una línea de trabajo de interés para este proyecto (Pujalte y Porro 2009; Reis y Galvão, 2006; Alzate, 2013; Pujalte et al., 2014; entre otros).

Estas investigaciones arrojan resultados empíricos sobre imágenes estereotipadas de la ciencia y del científico, socialmente instaladas en el imaginario colectivo, y nos revelan una concepción altamente controversial respecto de la ciencia que se enseña y que se aprende. La investigación internacional suele catalogar tal concepción como visiones deformadas, distorsionadas o inadecuadas de la ciencia. Frente a esta imagen distorsionada de la ciencia, se suman los estudios sobre obstáculos epistemológicos que revelan la persistencia y reproducción de estos problemas en el ámbito de la transposición del conocimiento científico. Según Alzate (2013):

La persistencia del sentido común y las ideas previas frente a la apropiación y comprensión de los conceptos científicos enseñados en el aula, y de otra, la permanencia de conocimientos producto de explicaciones básicas o cotidianas; el desconocimiento del lenguaje propio de las ciencias y su asimilación con el lenguaje cotidiano; la presencia de la carga cultural y emocional en las respuestas; las explicaciones de fenómenos físicos a partir de lo conocido, de ideas científicas familiares que tienen su fundamento en lo cotidiano; la utilización de analogías y metáforas que sustituyen las verdaderas explicaciones científicas. (p.134)

Estos obstáculos epistemológicos les impiden a los profesores en formación entender apropiadamente la naturaleza de la ciencia, afectando la transposición didáctica del conocimiento científico para enseñar reproduciendo y perpetuando a su vez imágenes deformadas de la ciencia. Al respecto, Fernández, Carrascosa, Cachapuz y Praia (2002) realizaron un estudio con el propósito de identificar visiones deformadas sobre los modos en que se produce el conocimiento científico; el estudio evidenció una ciencia exclusivamente analítica, acumulativa (de crecimiento lineal), individualista y elitista, y socialmente descontextualizada. Las imágenes de ciencia halladas son empíricas - inductivistas, se sostiene una visión altamente "ateórica" de la actividad científica, la metodología se concibe rígida y algorítmica, con etapas mecánicas a seguir; se construye, en conjunto, una concepción de la ciencia marcadamente aproblemática y ahistórica.

Otra de las líneas de investigación en este campo epistémico son los aportes teóricos (y su literatura asociada) de las tendencias emergente en la naturaleza de la ciencia (NOS). (Irzik y Nola, 2011; Matthews, 2012; Amador-Rodríguez y Adúriz-Bravo 2014; Lozano 2015; Acevedo-Díaz y García-Carmona 2015; Amador-Rodríguez y Adúriz-Bravo 2017; Silva 2020) entre muchos otros. La idea de esta línea de trabajo es derivar conclusiones en torno a una evaluación crítica de las diferentes posiciones epistemológicas a lo largo de su evolución histórica (Ariza et al., 2009). Se busca reconocer las condiciones con las que se organiza la epistemología académica, desplegadas históricamente en fases, etapas o épocas.

En ese sentido, Allchin (2011) propone la expresión *whole science* para caracterizar este esfuerzo de la "nueva" naturaleza de la ciencia por congregarse características esenciales

de la ciencia que también abreven en lo social y cultural. En esta línea, Abd-El-Khalick (2012) añade a la NOS las dimensiones y la inserción social de la ciencia, Irzik y Nola (2014) sugieren una dimensión institucional de la ciencia, y otros autores señalan aspectos tales como la profesionalidad. Destacan aquellas propuestas innovadoras como el modelo cognitivo de la ciencia y la perspectiva naturalista pragmática, que han aportado tanto evidencias empíricas como elementos teóricos que justifican la incorporación del componente histórico - epistemológico en los programas de formación de profesores de ciencias, para transformar y consolidar la cultura científica circulante. Al respecto, Bejarano, Adúriz-Bravo y Santos (2019):

Un aspecto sobre los contenidos de la ciencia en la formación sobre NOS: desde una perspectiva de búsqueda de la alfabetización científica, es necesario reflexionar explícitamente sobre los procesos de pensamiento que utilizan los científicos para producir conocimiento científico. Tal reflexión puede ayudar a comprender el aprendizaje de los estudiantes sobre el contenido científico. Otro aspecto vinculado al contenido es cuánto podemos avanzar con los estudiantes en la comprensión de la dimensión de los mandatos socioculturales con la producción de conocimiento científico. Es decir, cuáles son las condiciones sociales, culturales, políticas y económicas que conducen a la adopción de una teoría en particular, o su rechazo. Es decir, la discusión sobre la influencia social que sufre la ciencia. (p.976)

Discusión y Conclusiones

Sin lugar a duda, en la ciencia viva hay avances significativos a diferencia de la ciencia académica, a partir de la revisión exhaustiva del corpus documental se observó la amplia producción científica en diferentes vertientes intelectuales, que demuestran su capacidad reticular para generar cruces fructíferos entre diferentes campos epistémicos, procesos de hibridación que se evidencian en las prácticas interdiscursivas entre los científicos, configurándose en nodos de redes interdisciplinarias, sus producciones intelectuales giran en torno a redes categoriales constituidas desde las teorías de la complejidad, a partir de experiencias problematizadas que entrelazan aspectos epistémicos, éticos y prácticos. Para efectos de este proyecto de investigación, existe la viabilidad teórico - epistemológica de crear conexiones fructíferas entre las teorías de la complejidad y la formación metacientífica en las ciencias sociales y humanas.

Se evidencia un proceso metaheurístico de apropiación transdisciplinaria (Nicolescu, 1996), las convergencias en el campo disciplinario han generado nuevas áreas de pensamiento, que se apropian de la complejidad para legitimar sus discursos e investigaciones, observamos cómo se han sumado paulatinamente diferentes tradiciones intelectuales, que validan sus discursos asumiendo el sistema categorial arrojado por la complejidad e incorporando posibilidades metodológicas completamente nuevas: modelado basado en agentes, redes neuronales artificiales, geometría fractal, ciencia de redes, visualización de datos, modelado geoespacial, complejidad computacional, algoritmos genéticos, complejidad cualitativa, modelado basado en casos. Lo novedoso es que estas ciencias emergen como nuevas síntesis, a partir del reconocimiento explícito de que no tienen objeto que los limite, sino, que giran en torno a grandes problemas que demandan una resolución, es decir, emergen como ciencias de fronteras.

Este nuevo escenario, conlleva a la necesidad de aterrizar las discusiones teóricas, epistemológicas y metodológicas y hasta formas de organización del conocimiento alejados de las jerarquías tradicionales, y consolidar acuerdos en la comunidad científica, que nos permitan actualizar nuestras cajas de herramientas. Las instituciones universitarias y centros de investigación, deben crear condiciones y espacios reales para el ejercicio de programas de investigación inter y transdisciplinarios, además de la debida formación en el manejo de las nuevas herramientas tecnológicas, en cuanto al procesamiento de big data, modelización y simulación en todas las áreas de conocimientos.

Morin (1999) apuesta por una cosmovisión orientada hacia la constitución de un paradigma de la complejidad, el mundo ha comenzado a dejar de ser un conjunto de objetos para convertirse en un enjambre de conexiones, de interacciones, de redes, de emergencias de devenires, de incertidumbres, de contradicciones, en ese sentido, ha comenzado a emerger un nuevo campo de estudios e investigaciones vinculadas al paradigma de la complejidad, que posibilita un tejido teórico-reticular desde la pluralidad de muchas corrientes que se encuentran en las fronteras del pensamiento complejo.

Uno de los grandes ejes analíticos que atraviesa a toda la academia, es la preocupación por la educación científica, por ello, el corpus teórico que nos aporta las tendencias emergentes de naturaleza de la ciencia (NOS) es vital para estructurar sistemas de vigilancia epistemológicas. Entendiendo que en el marco del proceso de transposición y apropiación de la ciencia se registran concepciones sobre ciencia en estudiantes y profesores vinculadas a los conocimientos denominados por Bachelard como conocimientos comunes o pre-científicos, resulta necesario reflexionar sobre tales concepciones en términos de “obstáculos epistemológicos”.

De allí que, esta situación problemática nos interpela a la necesidad de habilitar recursos teóricos-metodológicos para discutir las relaciones conceptuales entre el fundamento epistemológico de estas ideas erradas o simplificadas y su reproducción sostenida como válida al interior de la comunidad epistemológica. Al respecto, Pujalte, Bonan, Porro y Adúriz-Bravo (2014) señalan que la epistemología como disciplina académica es la herramienta apropiada para poner en cuestión estas imágenes de ciencias y de científico “poco afortunadas”.

Referencias Bibliográficas

Abd-El-Khalick, F. (2012). Nature of Science in Science Education: Towards a Coherent Framework for Synergistic Research and Development. In B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1041-1060). Dordrecht: Springer.

Abraham, R. (2002). *The Genesis of Complexity*. Recuperado de <http://www.ralph-abraham.org>.

Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica, 2005.

- Adúriz-Bravo, A. (2009). Hacia un consenso metateórico en torno a la noción de modelo con valor para la educación científica. Enseñanza de las ciencias, numero extra VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 2616-2620.
- Adúriz-Bravo, A. (2010). Concepto de modelo científico: Una mirada epistemológica de su evolución. en L. Galagovsky (coord.). Didáctica de las Ciencias Naturales: El Caso de los Modelos Científicos, Lugar Editorial: Buenos Aires, pp. 141-161.
- Adúriz-Bravo, A., (2006). "La epistemología en la formación de profesores de ciencias", Revista Educación y Pedagogía, Medellín, Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, vol. XVIII, núm. 45, (mayo-agosto), 2006, pp. 25-36.
- Aisenberg, B. (1998). Didáctica de las ciencias sociales: ¿Desde qué teorías estudiamos la enseñanza? Teoría y didáctica de las ciencias sociales, 3(98), 136-163.
- Alderoqui, S. y Aisenberg, B. (coord.) (1998). Didáctica de las ciencias sociales ii: teorías con prácticas. Madrid: Paidós Ibérica.
- Alfonzo, I. (1994). Técnicas de investigación bibliográfica. Caracas: Contexto Ediciones
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (Whole) Science. Science Education, v. 95, n. 3, pp. 518-542.
- Alzate, G. C. (2013). Obstáculos epistemológicos en perspectiva de naturaleza de la ciencia – NOS. IX Congreso Internacional sobre Investigación en didáctica de las ciencias. Girona, 9-12 de septiembre
- Amador-Rodríguez, R., Ospina Quintero, N., Arteta, J., & Adúriz-Bravo, A. (2018). S604 Representaciones de naturaleza de la ciencia en profesores/maestros de educación con énfasis en enseñanza de las ciencias naturales. Tecné Episteme Y Didaxis: TED, (Extraordin). Recuperado a partir de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/9200>
- Aragón-Méndez, M. M., Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2017) Hacia una visión holística de la Naturaleza de la Ciencia en la formación inicial del profesorado de ciencia. X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Sevilla, 5-8 septiembre, ISSN (Digital) 2174-6486.
- Ariza, A. Y.; Adúriz-Bravo, A.; Lorenzano, P. (2009) Algunos aspectos de interés sobre la periodización de la epistemología con finalidad didáctica. Debates, reflexiones e interrogantes en la educación en ciencias. Catamarca, Universidad Nacional de Catamarca, Primera Edición, p. 19-20.
- Ariza, Y. & Adúriz-Bravo, A. (2012). La nueva filosofía de la ciencia y la concepción semanticista de las teorías científicas en la didáctica de las ciencias naturales. Educación en Ciencias Experimentales y Matemáticas, 2, 55-66.
- Bejarano, N. R. R.; Aduriz-Bravo, A.; Bonfim, C. S. (2019). Natureza da Ciência (NOS): para além do consenso. Ciênc. Educ., Bauru, v. 25, n. 4, pp. 967-982.

- Benejam, P. y Pagès, J. (coord.) (1997). Enseñar y aprender ciencias sociales, geografía e historia en la educación secundaria. Barcelona: Horsori, Universitat de Barcelona, Instituto de Ciencias de la Educación.
- Blaikie, N. (2007). *Approaches To Social Enquiry*. Cambridge, UK: Polity Press
- Bunge, M. (2004) *Emergencia y Convergencia. Novedad Cualitativa y Unidad del Conocimiento*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- Byrne, D. (2005). Complejidad, Configuraciones y Casos. *Teoría, Cultura y Sociedad*, 22 (5), 95-111.
- Camilloni, A. (1995). Epistemología de la didáctica de las ciencias sociales. En B. Aisenberg y Alderoqui, S.(comp.), *Didáctica de las ciencias sociales. Aportes y reflexiones*. Madrid: Paidós Ibérica.
- Capra, F., & Luisi, PI (2014). *La Visión de Sistemas de la Vida: Una Visión Unificadora* . Prensa De La Universidad De Cambridge
- Chamizo, J. A., Izquierdo, M. (2005). Ciencia en contexto: una reflexión desde la filosofía. *Alambique*, 46(1), 9-17.
- Echeverría, J. (1995). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal.
- Edens, B. (2001) "Semigroups And Symmetry: An Investigation of Prigogine's Theories". Manuscrito Inédito
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitida por la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 20(3), 477-488. Recuperado el 9 de marzo de 2015 de: <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v-20n3/02124521v20n3p477.pdf>
- García, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Gedisa
- Guerra, L. 2019. *Trama epistémica emergente en la nueva arquitectura científica*. Editorial Lulu
- Hodson, D., (2009). *Teaching and learning about science: language, theories, methods, history, traditions and values*. Boston: Sense Publishers.
- Irzik, G.; Nola, R. (2014). New Directions for Nature of Science Research. In M. Matthews (Ed.). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 999–1021). Dordrecht: Springer.
- Irzik, G.; Nola, R. (2017). Beyond the Consensus View: Whole Science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 18–26.
- Jessop B. (2008), *The Development Of The Sra En "State Power"*. Lancaster University Press. Cambridge (UK).

- Jörg, Ton, & Davis, Brent, & Nickmans, Goele (2017). Hacia una nueva ciencia de la complejidad en el aprendizaje y la educación. *Propuesta Educativa*, (47),38-53.[fecha de Consulta 21 de Septiembre de 2021]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=403052805004>
- Lanz, R. (2010) Diez Preguntas Sobre Transdisciplinariedad. *Revista Agora* Año 13- N° 26 Julio - Diciembre - Pp. 197-220.
- Lorenzano, C. (2005). La epistemología, herramienta para pensar la ciencia. *Boletín de la Biblioteca del Congreso de la Nación (Argentina)* No. 122, 2004-2005, pp. 155-178.
- Lozano, E. (2015). Diseño, implementación y evaluación de una unidad didáctica para la enseñanza de modelos de membrana celular en la formación biológica del profesorado, con aportes de ideas metacientíficas provenientes del eje naturaleza de la ciencia. Neuquén. Tesis de doctorado. Universidad Nacional del Comahue. Neuquén: Argentina. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12049/527>
- Maldonado C. y Gómez, N. (2010). *Modelamiento y Simulación de Sistemas Complejos*. Bogotá: Universidad Del Rosario.
- Maldonado, C., (Ed.), (2007). *Complejidad: Ciencia, Pensamiento y Aplicaciones*, Bogotá, Universidad Externado de Colombia,, pág. 101-132
- Maldonado, C.E. 2009. Complejidad de los sistemas sociales: un reto para las ciencias sociales. *Cinta moebio* 36: 146-157. doi: 10.4067/S0717-554X2009000300001
- Manassero-Mas, M. A. y Vázquez-Alonso, A. (2019). Conceptualización y taxonomía para estructurar los conocimientos acerca de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 16, núm. 3, 2019 Universidad de Cádiz.
- Martínez, M. (2009) Hacia una Epistemología de la Complejidad y Transdisciplinariedad Utopía Y Praxis Latinoamericana / Año 14. N° 46 (Julio-septiembre, Pp. 11 – 31 *Revista Internacional de Filosofía Iberoamericana y Teoría Social CESA – FACES – Universidad del Zulia*. Maracaibo-Venezuela
- Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). En M. S. Khine (Ed.), *Advances in Nature of Science Research. Concepts and Methodologies*, (pp. 3–26). Dordrecht: Springer.
- Morin, E. (1996) Entrevista en París con Edgar Morin: El Pensamiento Complejo Contra el Pensamiento Único. *Revista de Sociología y Política*, “Nueva Época”, Universidad Iberoamericana, (8):2-10.
- Morin, E. (1999): *Introducción Al Pensamiento Complejo*, Buenos Aires, Nueva Visión.
- Morin, E. (2004), *La Méthode VI Éthique* 1° Ed. Seuil, Paris.

- Nicolescu, B. (1996). La Transdisciplinariedad. Manifiesto. Paris, Ediciones Du Rocher
- OEI (2012). Metas educativas 2021. Documento final. España: OEI. Recuperado de www.oei.org.es
- Osorio, S. (2012): El Pensamiento Complejo y la Transdisciplinariedad: Fenómenos Emergentes de una Nueva Racionalidad Rev. Fac. Cienc. Econ., Vol. XX (1), Junio Pp. 269-291
- Pujalte, A. P. y Porro, S. (2009). Concepciones y actitudes del profesorado de ciencias acerca de la ciencia y la enseñanza y su relación con el logro de una educación científica para todas y todos. Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 181-184.
- Pujalte, A. P.; Bonan, L.; Porro, S. y Aduriz-Bravo, A. (2014). Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. Ciênc. educ. (Bauru) [online]. 2014, vol.20, n.3 [cited 2020-07-10], pp.535-548. Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132014000300535&lng=en&nrm=iso>. ISSN 1980-850X. <https://doi.org/10.1590/1516-73132014000300002>.
- Reis, P. y Galvão, C. (2006). O diagnóstico de concepções sobre os cientistas através da análise e discussão de histórias de ficção científica redigidas pelos alunos. Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias. Vol. 5, Núm. 2.
- Reynoso (2008) Dimensión Fractal Problemas de Escala y Geometrías de la Complejidad. Publicados en la Categoría 'Cursos de Complejidad, Recuperado de <http://carlosreynoso.com.ar/categorias/cursos/semin-complejidad/>
- Reynoso, C. (2006), Complejidad y Caos. Una Exploración Antropológica. 1º Ed. Editorial Sb, Buenos Aires, Argentina.
- Rodríguez Zoya, L. y Aguirre J. (2011): Teorías de la Complejidad y Ciencias Sociales Nuevas Estrategias Epistemológicas y Metodológicas Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas. Vol. 30, febrero
- Rodríguez Zoya, Leonardo G., Rodríguez Zoya, Paula G. (2014). El espacio controversial de los sistemas complejos. Estudios de Filosofía [en línea], (Julio-Diciembre) : [Fecha de consulta: 1 de junio de 2019] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=379846133007>> ISSN 0121-3628
- Sayer, A., (2000); Realism And Social Science, London: Sage.
- Silva, B. V. da C. (2020). Natureza da Ciência, Conteúdos Metacientíficos e a Sala de Aula: Implicações ao Ensino de Física. Revista CiÊNCIAS & Ideias, Volume 11, N.1 – Janeiro/Abril 2020, pp. 234-248. doi: 10.22047/2176-1477/2020.v11i1.1295.
- Unesco (2005). Proyecto regional de educación científica. Santiago de Chile: Unesco.
- Van Der Veer, R.; Valsiner, J. 1991 Understanding Vygotsky (Oxford: Blackwell).