
Una mirada a los fundamentos biológicos de la educación desde la teoría de Santiago

A look at the biological foundations of education from the theory of Santiago

Dr. Isidro E. Méndez Santos ¹

Dra. Bárbara M. Carvajal Hernández¹

¹ Universidad de Camagüey

isidro.mendez@reduc.edu.cu

barbara.carvajal@reduc.edu.cu

RESUMEN

Objetivo: Los fundamentos biológicos de la educación no se discuten con la misma frecuencia y profundidad que otros de índole filosófica, psicológica o sociológica. Este artículo se propone valorar la significación epistemológica de la teoría de Santiago como fundamento biológico de la educación.

Método: Se emplearon métodos teóricos como el analítico-sintético, inductivo-deductivo, histórico-lógico y ascensión de lo abstracto a lo concreto, para valorar información proveniente de las fuentes bibliográficas consultadas. En el orden empírico se utilizó el análisis documental, se registraron las mejores experiencias de los autores en más de 30 años, al dirigir el tratamiento de estos temas en actividades docentes universitarias.

Resultados: Se significa la importancia del sistema categorial que maneja la teoría de Santiago (autopoiesis, acoplamiento estructural, cognición, conducta, sistema nervioso, coordinación conductual, comunicación, conductas culturales, lenguaje, autoconciencia y reflexión, entre otras), para develar la esencia biológica de los sujetos que intervienen en el proceso educativo y las cualidades que hacen posible su educabilidad.

Conclusión: La teoría de Santiago aporta presupuestos teóricos que contribuyen a explicar una buena parte del basamento biológico que subyace en la educación. No tenerlos en cuenta significaría desconocer la esencia viviente de los participantes en el proceso y tendría implicaciones ontológicas, gnoseológicas y metodológicas.

Palabras clave: Educación, filosofía de la educación, teoría de la educación, principios de la educación

ABSTRACT

Objective: The biological foundations of education are not as frequently discussed as the philosophical, psychological or sociological framework. This article aims to assess the epistemological significance of Santiago's theory as the biological foundation of education.

Methods: Theoretical methods such as analytical-synthetic, inductive-deductive, historical-logical and ascension from the abstract to the concrete were used to assess information from the bibliographic sources consulted. Empirical techniques connected to document analysis allows to collect the best university teaching experiences in leading the study of these topics for more than 30.

Results: The importance of the category system of the theory of Santiago (autopoiesis, structural coupling, cognition, behavior, nervous system, behavioral coordination, communication, cultural behavior, language, self-consciousness and reflection, among others), is highlighted to unveil the essence of the subjects involved in the educational process and the qualities that make their education possible.

Conclusions: The theory of Santiago provides theoretical assumptions that help to explain a large part of the biological foundation that underlies education. Not taking them into account would mean ignoring the living essence of the participants in the process and would constitute, among other things, an ontological, gnoseological and methodological error.

Keywords: Education, philosophy of education, theory of education, principles of education.

Recibido: diciembre 2018

Aprobado: febrero 2019

En tanto, los sujetos que intervienen en el proceso educativo (estudiantes, docentes, familiares, entre otros) son, ante todo, seres vivos, la biología está llamada a realizar aportes sustantivos al sustento teórico de la educación. Sin embargo, la revisión de fuentes documentales realizada para el presente artículo permitió constatar una tendencia a que se discutan preferentemente fundamentos de índole filosófica, sociológica, psicológica y pedagógica, entre otros, pero que pocas veces se le presta equivalente atención a aquello que se refiere a la base orgánica que subyace en los actores que intervienen en la educación. Ello ha sido reconocido por autores como Chávez, Suárez y Permuy (2005), quienes han pedido a los investigadores profundizar en ella.

A tal efecto, resulta imprescindible prestar especial atención a importantes contribuciones realizadas desde la biología durante los últimos 50 años, entre las cuales adquiere notable relevancia la denominada teoría de Santiago. La amplia divulgación que la misma ha tenido en el ámbito internacional, los profundos debates generados alrededor de ella y su reconocida influencia en aportes realizados por otros investigadores, no se corresponde con la exigua repercusión y escasa aceptación (Pedrol, 2009) que ha tenido en Cuba.

El objetivo de la presente contribución radica en valorar la significación epistemológica de la teoría de Santiago como fundamento biológico de la educación. ¿Es el hombre la única especie educable? Los rasgos que hacen posible su educabilidad; ¿surgieron todos simultáneamente con la condición humana o se fueron configurando a lo largo de la evolución biológica? Si fue esta última la vía seguida; ¿en qué orden aparecieron? Al respecto, ¿qué tiene en común la especie humana con las restantes y qué la distingue de aquellas? Las cualidades que explican el operar como organismos vivos de los actores que participan en el proceso educativo; ¿tienen algo en común con los atributos de las entidades sociales a la cual se integran o se trata de dos dominios teóricos totalmente independientes? Los postulados de la teoría de

Santiago ayudan a responder esas preguntas, pero sobre la base de un análisis biológico integral de la vida como fenómeno natural.

Métodos.

Se emplearon métodos teóricos como el analítico-sintético, inductivo-deductivo, histórico-lógico y ascensión de lo abstracto a lo concreto, para valorar información proveniente de las fuentes bibliográficas consultadas. Para sistematizar los postulados teóricos, se tomó como eje de articulación al sistema categorial de las ciencias de la educación, mientras que las premisas biológicas fueron abordadas en el orden en que aparecieron como resultado de la evolución de la vida. Finalmente, el presentar implicaciones en el ámbito cultural, se visualizan nexos entre fenómenos propios de los niveles orgánico y social de organización de la materia, con el objetivo de evitar, en lo posible, el reflejo de soluciones de continuidad en las interpretaciones. En el orden empírico se utilizó el análisis documental, se registraron las mejores experiencias de los autores al dirigir el tratamiento de estos temas durante más de 30 años de labor docente universitaria, con énfasis en el postgrado y la tutoría de tesis doctorales, así como el intercambio de opiniones con otros especialistas procedentes de universidades cubanas y extranjeras.

Resultados y discusión

La teoría de Santiago como fundamento teórico de la educación

A los efectos de la presente contribución, se asume a la educación en un sentido amplio que excede el ámbito escolar, por lo que es vista como toda transmisión de influencias experienciales y acumulación de vivencias que, en la convivencia, contribuyen al desarrollo personal del sujeto con voluntad de ser educado. Transcurre a modo de proceso (educativo), en el cual se concreta el sistema de orientaciones internas y externas que transforman la capacidad de acción y de reflexión del individuo para articular su ser con su hacer.

Desde una perspectiva abarcadora, se reconoce la especial importancia del papel del docente en la guía, orientación a un fin determinado y organización consciente de dicho proceso en el escenario escolar, pero no se descarta la influencia de cualquier otro sujeto que, al servir como mediador entre el educando y el medio (natural y social), aún de manera espontánea y en cualquier ámbito, actúe como educador.

Los fundamentos biológicos de la educación son entendidos como aquellos postulados teóricos que explican, de manera coherente, el sustento biológico que subyace en la esencia viviente y cognoscente de los sujetos participantes, en los rasgos que los distinguen como seres bio-psico-sociales y que hacen posible su educabilidad, así como en las condiciones naturales y sociales que permiten la educatividad.

La teoría de Santiago fue desarrollada y defendida por los investigadores chilenos Humberto Maturana Romesín (1928) y Francisco J. Varela García (1946-2001), durante la década del 70 del siglo pasado. Se trata de un sistema coherente de postulados teóricos que explican los procesos del vivir y del conocer, los cuales adquirieron la denominación que los identifica en reconocimiento a la ciudad en la cual se escribieron y publicaron inicialmente las obras más conocidas en que fueron socializados (Maturana & Varela, 1973, 1984)¹, aunque una parte

¹ Los postulados teóricos de la teoría de Santiago, a los cuales se hace referencia en el presente artículo, sin estar acompañados por el crédito de una cita, proceden de estas dos obras básicas.

importante de ellos se obtuvieron en otras regiones del mundo y con una amplia gama de colaboradores de múltiples instituciones.

Se incluyen en esta teoría dos elementos básicos, aunque integrados en un cuerpo teórico único. A la par de que se argumenta la naturaleza de la vida, se presenta una teoría sistémica de la cognición (razón por la cual también es denominada como teoría biológica del conocimiento o teoría de Santiago sobre la cognición). Ambos postulados teóricos, por una parte, adquieren especial importancia para comprender la estructura, organización y dinámica operativa de los agentes participantes en el proceso educativo y, por otra, han dado pie significativas reflexiones en el orden pedagógico y de las ciencias de la educación en general (Maturana & Vignolo, 2009; Ruiz, 2008; Maturana, 1992 b). Las valoraciones que se realizan en el presente artículo, van dirigidas solo en la primera dirección, a pesar de que la segunda bien merece un análisis similar, pero las normas editoriales de la revista en que saldrán publicadas obligan a dejarlo para una segunda contribución.

Como se ha sugerido anteriormente, un importante aporte a la epistemología de la educación realiza la teoría de Santiago, al develar cualidades que distinguen a los sujetos que intervienen en el proceso, bien sea vistos en su actuación individual o al integrarse a entidades sociales. Con ella no sólo puede caracterizarse la condición humana del estudiante, el educador, el padre, la madre, el tutor, el directivo, la persona que apoya el proceso, cada representante comunitario o comunicador social, entre otros actores, sino que puede hacerse desde su esencia viviente y de su operar como sistemas. A la vez, sustenta una explicación biológica a la aparición de las entidades sociales, que no puede ser obviada al valorar aquellas que participan en el proceso educativo, como es el caso de la familia, los grupos estudiantiles, los colectivos de educadores y las diferentes instituciones involucradas.

Desde la perspectiva de la teoría de Santiago, los sujetos que intervienen en el proceso educativo, en tanto seres vivos, operan en red, como sistemas alejados del equilibrio. De esta forma, para intentar una explicación de su esencia biológica, hay necesariamente que profundizar en la teoría de los sistemas desarrollada por el biólogo austríaco Karl Ludwig von Bertalanffy (1901-1972) entre la década del 30 y del 70 del siglo XX (los postulados que se manejan en este artículo, son tomados de Bertalanffy, 1975) y de las precisiones introducidas en ella para los sistemas disipativos por el físico-químico ruso-belga Ilya Prigogine (1917-2003) durante la década del 70 de la pasada centuria (Prigogine & Nicolis, 1977).

Otro importante referente teórico para develar la esencia biológica de los sujetos que intervienen en el proceso educativo, guarda relación con los avances logrados en la explicación del control y la comunicación en sistemas complejos que operan en redes y bucles cerrados. Como se verá más adelante, la teoría de Santiago establece claras distinciones entre el comportamiento de sistemas que, en la autonomía de su operar, carecen de la posibilidad de observar (cuya autorregulación y coordinación es explicada por la cibernética de primer orden) y el proceder de otros, facultados para lograr una percepción de la realidad y de sí mismos, estudiados por la cibernética de segundo orden.

La teoría de Santiago busca los rasgos esenciales de esos sujetos mucho más allá de su condición humana pues, como será demostrado más adelante, importantes cualidades que permiten su integración al proceso objeto de estudio, como es el caso del conocimiento y de la conducta, por sólo mencionar algunas de las que adquieren mayor significación a los efectos del tema que se analiza, emergen también en los sistemas vivientes más elementales. Es así

que, desde el punto de vista biológico, el fenómeno de la educación debe también ser fundamentado desde el operar de las propias células, de la organización que las distingue como sistemas vivos, de sus cambios estructurales y sus relaciones con el medio.

Maturana y Varela designaron con el término autopoiesis a la cualidad que distingue a los sistemas vivos de otros, igualmente abiertos, que también operan alejados del equilibrio. La definen como el proceso de autoproducción de los componentes del sistema, a través de un flujo molecular y energético, en continuas interacciones y transformaciones que se dan hacia el interior de una unidad auto delimitada en el espacio físico y que se mantiene en homeostasis en tanto mantenga constante su propia organización, entendida esta última como la cualidad esencial del sistema.

Considerada como noción necesaria y suficiente para explicar la organización de los sistemas vivos, la autopoiesis indica que la entidad viviente no constituye un conjunto de moléculas, sino una dinámica molecular. El vivir es la realización sin interrupción de esa dinámica, en una configuración de relaciones que se conserva en el continuo flujo molecular. *“No es que el ser vivo use esa dinámica para ser, producirse o regenerarse a sí mismo, sino que es esa dinámica lo que, de hecho, lo constituye como ente vivo en la autonomía de su vivir”* (Maturana, 2004: 16). Se vive solo en el presente y sin intencionalidad; el pasado y el futuro son sólo distinciones de un observador y no son tenidos en cuenta por los sistemas no observadores en su operar.

La concepción de la autopoiesis debe recibir una especial atención como sustento teórico de la educación, no solo por la importancia que adquiere para explicar el carácter biológico de los sujetos participantes, sino también por la posibilidad de extrapolar dicha cualidad a los sistemas sociales, aspectos que serán analizados más adelante. Pedagogos y docentes de diferentes disciplinas escolares, están llamados a seguir de cerca el intenso debate que durante los últimos años se ha generado alrededor de ella (con respecto a este tema, véase, entre otras fuentes, a: Arriaga, 2017; Becerra, 2016; Mazo, 2014; Danza, 2013; González-Grandón, 2013; Perozo, 2013; Razeto & Ramos, 2013; Castro, 2012; Cárcamo, 2011; Mazorco, 2010; Brower, 2009; Pedrol, 2009; Ruiz, 2008 y Moraez, 2002).

Como ya fue adelantado, los postulados de la teoría de Santiago referidos a la determinación estructural de la unidad autopoietica y a las relaciones de esta última con el medio, también adquieren importantes implicaciones como sustento epistémico de la educación. Desde esta perspectiva, entorno y ser vivo constituyen dos sistemas independientes que, al interactuar, se provocan mutuas perturbaciones entre sí. Mientras esas interacciones no sean destructivas, desencadenan en la entidad viviente constantes cambios de estado, o sea, transformaciones en su estructura (componentes y relaciones que se establecen entre ellos), sin que cambie la organización (cualidad esencial).

En tanto se mantenga la autopoiesis, a pesar de las modificaciones que se produzcan en el sistema, este se encuentra acoplado estructuralmente al entorno. En tal caso, la unidad autopoietica se mantiene determinada por su estructura, o sea, que los cambios que se producen en ella se dan solo como resultados de la dinámica de interacciones internas entre sus componentes y no condicionados por el medio exterior, el cual, si bien llega a perturbarla, no especifica las modificaciones que sufre. Es por eso que, en el metalenguaje de esta teoría, se utiliza el término “gatillar” un efecto, para hacer referencia a la acción desencadenante que

realiza el sistema perturbante, cuyas consecuencias son determinadas estructuralmente por el sistema perturbado. El acoplamiento estructural es algo que se concreta de manera espontánea, o sencillamente no ocurre; distinciones como lo que resulta conveniente o no para la adaptación al medio y las tendencias que se ponen de manifiesto, son también distinciones que se realizan desde la posición de un observador, pero que no tiene en cuenta el operar del sistema observado (Maturana, 1992 a).

Los elementos expuestos en párrafos anteriores sustentan la definición de conocimiento que, desde el punto de vista biológico, aporta la teoría de Santiago. Esta no solo constituye una de sus principales contribuciones a la ciencia en general, sino que adquiere, como es lógico, particular significado para la educación. Al reconocer estrecha relación entre el hacer y la experiencia, relaciona el conocimiento con los cambios estructurales que se producen en el sistema autopoiético, en el contexto de su acoplamiento al medio. Por tanto, desde esa perspectiva, el proceso del conocer se identifica con el proceso del vivir, o sea, vivir es conocer, o lo que es lo mismo, mente y cognición son inherentes al vivir. Se trata de puntos de vista que resultan congruentes con la concepción de la mente como proceso, que ya había sido defendida por Gregory Bateson (1904-1980) desde la década del 70 del siglo pasado (Bateson, 1991).

Por tanto, es posible atribuir al conocimiento la elección exitosa de la presa que puede engullir una bacteria fagotrófica o la floración simultánea de todas las plantas de una especie que crecen en el desierto, al caer la primera y quizás única lluvia del año, por solo citar dos situaciones bien alejadas de aquellas en que tradicionalmente se usa la categoría cognición. Ambas respuestas se producen debido a cambios que se han acumulado históricamente en la estructura de esos organismos.

La teoría de Santiago presta especial atención a la categoría conducta, la que también forma parte del cuerpo teórico de la psicología, la pedagogía y la sociología, entre otras disciplinas. A diferencia de estas últimas, lo hace desde una perspectiva esencialmente biológica, a la vez que realiza esclarecedoras distinciones entre lo que al respecto ve un observador y lo que sucede realmente en el sistema viviente observado.

Desde su punto de vista, considera a la conducta como una manifestación de todos los seres vivientes y no únicamente de los animales que disponen de capacidades cognitivas avanzadas. La definen como el cambio de postura o posición de un organismo, que un observador puede describir como acciones o movimientos que guardan relación con una determinada perturbación proveniente del medio. Se manifiesta en todo ser vivo acoplado estructuralmente al entorno, con independencia de su desarrollo evolutivo.

Los cambios de estado de un organismo, como ya se ha dicho, dependen de su estructura, la cual viene condicionada, a su vez, por la historia de su acoplamiento estructural al entorno y se pone de manifiesto por la coincidencia de una dinámica de interacciones particulares hacia su interior, con una configuración particular en el medio, al momento en que se produce la apreciación del observador. Por tanto, desde el punto de vista biológico, la conducta no es algo que el ser vivo hace en sí (en él solo se dan cambios estructurales internos), sino un atisbo del observador, quien, desde su dominio puede hacer valoraciones sobre la conveniencia o efectividad para determinados fines de los cambios de estado que se suceden en el operar del sistema, en dependencia de sus propias expectativas.

La teoría de Santiago distingue entre conductas aprendidas e intuitivas. Con la primera denominación se hace referencia a aquellas que responden a modificaciones producidas durante una generación (ontogenia). Con la segunda, a las fijadas a lo largo de la historia de acoplamiento de unidades históricamente conectadas (linajes), al lograrse invariancia transgeneracional, gracias a la codificación genética de algunos de los cambios estructurales producidos.

Pero no todos los atributos que hacen posible la educabilidad del sujeto surgieron tempranamente en los sistemas vivientes más elementales (denominadas unidades autopoieticas de primer orden por Maturana, Varela y sus seguidores), tal y como sucedió con el conocimiento y la conducta. Una parte de ellos emergieron como cualidades propias de los organismos metacelulares (pluricelulares) y en determinados linajes. Ese es el caso, del sistema nervioso, por sólo citar el ejemplo que mayor significación adquiere para el tema que se analiza. Por tanto, también los postulados teóricos de la teoría de Santiago que explican la agrupación de los seres vivos en entidades cada vez más complejas, adquieren valor como fundamentos biológicos de la educación.

Para toda unidad autopoietica, cualquier otra de igual condición que interactúe con ella, formará parte del medio con el cual se encuentra en acoplamiento estructural. Sin embargo, cuando esas interacciones dejan de ser ocasionales (causantes de perturbaciones mutuas) y pasan a ser recurrentes, un observador puede distinguir una tendencia a que se produzca un acoplamiento estructural conjunto con el ambiente e identificar así, interacciones consensuales. Esa orientación, que en el ámbito biológico explica la aparición de la simbiosis, la metacelularidad, las poblaciones y las comunidades, entre otros fenómenos, trasciende a la génesis de las sociedades y el lenguaje, por lo que adquiere también especial significado como fundamento de la educación.

Los sujetos que participan en el proceso pedagógico, a los efectos de la teoría de Santiago, clasifican como unidades autopoieticas de segundo orden, en tanto los cambios estructurales que se producen en las diferentes células que lo componen, se complementan entre sí y están acotados por la participación de cada una en la constitución de un sistema de orden superior, al cual se integran. Según Maturana y Valera, su autopoiesis implica la autopoiesis de las unidades que lo componen.

Pertencen a linajes en que se ha producido un particular desarrollo senso-motor, que desembocó en la constitución de un sistema nervioso, el cual aumentó significativamente la plasticidad del organismo (entendida esta última como la capacidad de continuo cambio estructural del sistema), para su acoplamiento con el medio y conservar su adaptación. La conexión entre superficies sensoras y efectoras, que ya estaba presentes en las formas vivientes más elementales, se produce en ellos a través de una red neuronal, con un número extremadamente alto de conexiones sinápticas, cuya eficacia puede ser modificada por cambios moleculares.

De la manera en que la teoría de Santiago explica el funcionamiento del sistema nervioso, excluye toda posibilidad de considerar un papel determinante del ambiente en la educabilidad del sujeto. Según Maturana, Varela y sus seguidores, el sistema nervioso opera en condiciones de clausura operacional, según lo cual, las transformaciones que experimenta no son determinadas por las interacciones con el medio, como pudiera apreciar un observador. Por el contrario, los cambios que se producen en él, ante esas perturbaciones, están determinados por su propia estructura y estos, a su vez, generan otros igualmente internos, de manera que

en su operar circular, solo hay una deriva estructural continua que sigue un curso en el cual, en cada instante, se logra conservar el acoplamiento estructural con el medio.

Determinadas peculiaridades de los sistemas sociales que adquieren especial importancia para la educación, constituyen, según la teoría de Santiago, cualidades emergentes en la deriva estructural de ciertos linajes metacelulares dotados de sistema nervioso, que se concretaron incluso antes que la condición humana. Así, la vida en sociedad es interpretada como una forma superior de relación consensual entre seres vivos (dominio de acoplamiento social), que se alcanza en el contexto de la tendencia generalizada al acoplamiento estructural conjunto al entorno. Desde ese punto de vista, todo cambio de postura o de estado en un organismo que, en dicho contexto, propicie su nexo con otro, puede ser distinguido como una conducta comunicativa, mientras que la coordinación conductual en sí misma, se interpreta como comunicación.

En el contexto de esa comunicación que propicia la coordinación conductual para el acoplamiento estructural conjunto de los organismos al entorno, desde el punto de vista biológico se interpreta a la información de manera diferente a como lo hacen otras disciplinas científicas. Para el ser vivo, la comunicación no depende de lo que se entrega (que no pasa de ser un tipo de alteración producida por el medio), sino de las transformaciones que se producen posteriormente en el receptor (determinados por su propia estructura), para mantener su acoplamiento con el entorno ante esa situación. No hay nada concreto (información) que pueda ser transmitido a los sistemas autopoieticos (ni siquiera contenido en una imagen, un objeto o en la propia palabra impresa), sino cualidades que, al perturbar a determinadas entidades, generarán en cada una de ellas cambios estructurales (conocimientos) diferentes.

También las conductas comunicativas que se ponen de manifiesto en los dominios de acoplamiento social, pueden ser innatas (intuitivas) o adquiridas (aprendidas). Cuando en la dinámica de ese contexto, configuraciones conductuales que se alcanzan en una ontogenia concreta logran trascender a las generaciones siguientes, la teoría de Santiago distingue conductas culturales. Por lo tanto, desde el punto de vista biológico, lo cultural se hace posible como un caso particular de conductas comunicativas.

El lenguaje y la conciencia, dos cualidades sumamente importantes en la educabilidad del ser humano, reciben igualmente una explicación desde la biología, en tanto permiten nuevas dimensiones de la vida en sociedad. De acuerdo con la teoría que se analiza, el sistema autopoietico opera en un dominio lingüístico cuando coordina conductas mediante la utilización de términos semánticos, de manera que cada signo adquiere un significado y el observador puede verlo expresado en conductas que permiten un acoplamiento estructural ontogénico recíproco. Si bien la especie humana no es la única capaz de hacerlo, si es la que lo logra de manera más integral, pues involucra en ello a todos los aspectos de su vida, se describe a sí mismo, percibe las circunstancias en que consigue acoplarse con el medio (reflexión y autoconciencia) y llega a operar en un dominio esencialmente semántico (Ortiz, 2015; González-Grandón, 2013; Maturana, 1992 b).

Si la conciencia surge y se desarrolla como parte del acoplamiento social y el sujeto se realiza en la trama de coordinaciones que teje en su dominio semántico, la esencia humana es consustancial a la existencia de interlocutores. Es por eso que la teoría de Santiago reconoce la importancia biológica del amor (Ferreirós, 2011; Fuente de la, 1997; Moraez, 2001), de la

aceptación del otro bajo la premisa del respeto mutuo y del desarrollo de afectividad recíproca, como garantía de continuidad en la relación entre personas (y de ellas con la naturaleza), aun desde diferentes modos de vivir en el lenguaje y el emocionar (postulados que han sido divulgados bajo la denominación de biología del amor).

En los sistemas sociales que se establecen sobre la base de los postulados expuestos en párrafos anteriores, el sociólogo alemán Niklas Luhmann (1927-1998) identificó cualidades autopoieticas (Luhmann, 1986). Maturana y Varela alertaron inicialmente sobre la dificultad que entraña tal distinción, dada las limitaciones que enfrenta un observador para determinar los límites dentro de los cuales el operar de la entidad hace emerger dicho atributo. La opinión divergente de los autores citados, ha generado un amplio debate durante las dos últimas décadas, que incluye, entre otras, las contribuciones de Pont Vidal (2016, 2015), Aragón (2011), Arnold, Urquiza y Thumala (2011), Rodríguez y Torres (2003), así como Gibert-Galassi y Corre (2001).

La aceptación del punto de vista defendido por Luhmann (1986) alcanza especial significación como sustento teórico de la educación. Por un lado, ha dado pie a que se reconozca a las agrupaciones sociales que participan en el proceso educativo (los grupos y entidades estudiantiles, la familia, los colectivos docentes, las instituciones del estado y las organizaciones no gubernamentales, entre otras), como unidades autopoieticas de tercer orden. Desde otro punto de vista, ha propiciado la distinción de cualidades autopoieticas emergentes en los procesos educativos, cuando estos son modelados desde una perspectiva sistémica.

Valoraciones sobre la significación epistemológica de la teoría de Santiago para la educación

La teoría de Santiago, trasciende el ámbito de la biología al tener implicaciones filosóficas (Ortiz, 2017; Peña, 2008), sociológicas (Arnold, Urquiza & Thumala, 2011; Gibert-Galassi & Corre, 2001), psicológicas (Becerra, 2016; Ortiz, 2015; Castro, 2012; Laboy, 2012), pedagógicas (Danza, 2013) y bioéticas (Mazo, 2014; Cárcamo, 2011). Sus postulados relativos al dominio del observador, realizan también importantes contribuciones a la lógica, aspecto que no ha sido significado anteriormente por ningún autor (al menos, hasta donde pudo verificarse para la presente contribución).

Se inserta en los esfuerzos de la ciencia contemporánea por sustituir el ideal de simplicidad por el de complejidad (Brower, 2009), a la vez que asume una posición materialista al reconocer la existencia de una realidad objetiva, independiente de la conciencia, que interactúa con los seres vivos, incluidos los que devienen en sujetos del proceso educativo. Apuesta por la cognoscibilidad del mundo, aunque el reflejo que se logre de él no llegue a ser totalmente objetivo, como se explicará más adelante.

En tanto resalta la historicidad de la cognición y del pensamiento, a la vez que demuestra su origen y movimiento constante, los cambios y transformaciones que lo llevan a un progreso permanente, la teoría de Santiago se sustenta sobre bases dialécticas. Sin embargo, con apego a la visión en red y a diferencia de la dialéctica clásica, no ve la fuente del desarrollo solamente en la lucha de contrarios, sino en todas las interacciones que se producen como parte del acoplamiento estructural de los seres vivos al entorno.

Al aceptar que todo organismo vivo es un ente cognoscente, se asume al conocimiento como un fenómeno cuyo origen está anclado al surgimiento de la vida y es resultado de la evolución de la materia. Se niega, al mismo tiempo, la existencia de una idea absoluta que anteceda a

todo lo material. La teoría de Santiago realiza una importante contribución a develar la esencia del conocimiento, en gran medida oculta en la ciencia precedente, producto de la tendencia a atribuir al operar del sistema cognoscente, distinciones que solo se producen en el dominio del observador que intenta describirlo.

Por un lado, reconoce la existencia de la realidad objetiva, de manera que, en el acto de conocer, el organismo no funciona en un vacío en que sólo existe él (elude así posiciones solipsistas, propias del idealismo subjetivo). Desde otro punto de vista, niega también que el conocimiento se obtenga al recibir “información” proveniente del medio y lograr una representación “adentro”, como estipulan las tendencias representacionistas, que lo asumen de manera unilateral desde la perspectiva del observador.

Para Maturana y Varela, el medio no trasmite información al ser vivo, sino que gatilla en él cambios de estado, mientras que tampoco lo que sucede hacia el interior de este se logra únicamente como resultado de la perturbación ocasionada, sino por el operar en red del sistema autopoiético. Desde este punto de vista, la teoría de Santiago asume posiciones constructivistas (Becerra, 2016), mientras que, por la importancia que le atribuye al acoplamiento social y el lenguaje para la consolidación de la condición humana, se acerca a las posiciones teóricas de Lev Semiónovich Vygotski (1896-1934) (Laboy, 2012).

Sin caer en el agnosticismo, niega la objetividad del conocimiento, pues este no constituye un reflejo fidedigno de la realidad. Dado que es la dinámica de interacciones con el medio quien determina las perturbaciones del entorno que pueden activar cambios estructurales en el ser vivo, es el propio sistema quien especifica su alcance cognitivo. El argumento más evidente quizás sea la pequeña porción del espectro electromagnético que es capaz de percibir el ser humano como especie biológica, pues longitudes de onda equivalentes al infrarrojo y al ultravioleta presentes en la realidad con la que las personas interactúan, no producen cambios estructurales en sus células oculares. Algo similar sucede con la gama de frecuencias que pueden ser detectadas por el oído. Por eso, en el metalenguaje de la teoría de Santiago se dice que el conocimiento trae a la mano del sistema cognoscente una parte de la realidad o que ilumina solo una porción de aquello que, al existir objetivamente, lo perturba (Maturana, 2008, 2004; Varela, 1991).

A la luz de lo apuntado anteriormente, el aprendizaje no se relaciona con la captación de algo externo, sino con la búsqueda de puntos de contacto entre la historia de interacciones con el medio que han quedado registradas en la estructura de cada sujeto y los parámetros históricamente aceptados para la convivencia. Los objetivos, los contenidos, los métodos y la evaluación de la educación se eligen en la medida en que satisfacen los criterios de aceptación predominantes en la sociedad.

La teoría de Santiago se inserta en la tendencia a considerar la educación como proceso adaptativo (Asensio, 1987). No se trata de la adaptación lenta y aleatoria que se produce en otras especies, sino significativamente rápida en el contexto biológico, gracias a una dirección consciente e intencionada que sólo es posible en el seno de la cultura. O sea, constituye la forma típica de adaptación del hombre al medio sociocultural.

Por otra parte, desde la perspectiva de la teoría de Santiago, ningún intento por resumir la contribución de la biología a la fundamentación teórica de la educación puede quedar reducido a reconocer el papel de aquello que está codificado en los genes de los sujetos que

intervienen en ella, como a veces se afirma o al menos se da a entender (Fernández, Rojo & Heritier, (2017; Candreva, 2013; Chávez, Suárez y Permuy, 2005).

Al expresarlo de esta forma, se simplifica sobre manera la relación causa-efecto, al suponer una linealidad que desconoce el papel del ambiente celular en la expresión de los caracteres hereditarios y los avances experimentados durante los últimos 70 años en el estudio de la epigenética (término introducido en 1953 por Conrad Hal Waddington, 1905- 1975). La teoría de Santiago se nutre de esos resultados y establece una clara distinción entre la participación esencial del código genético y una hipotética responsabilidad única del mismo, cuando se hace referencia a la expresión de las cualidades que caracterizan al sujeto. Ideas semejantes se abren paso desde otras ciencias de la educación (Oliva, 1997).

Los actores que intervienen en la educación como unidades autopiéticas de segundo orden, deben estar conscientes de su condición de observadores y de la posibilidad que tienen, por tanto, de ver a los sistemas observados en dos dominios diferentes. Por una parte, pueden apreciar sus estados internos y sus cambios estructurales, que suceden como un fluir espontáneo, carente de toda intencionalidad en interacción con el ambiente, pero solo con una parte de este, capaz de perturbarlo, mientras que todo lo demás le es ajeno. Por otro lado, es posible considerar a la unidad en sus interacciones con el medio, describir la historia de las mismas, establecer relaciones entre la influencia del entorno y los cambios de estado que se producen en ella, distinguir las tendencias que se ponen de manifiesto, etc. Corresponde a quienes asumen un papel dirigente en el proceso educativo llamar la atención sobre el hecho de que, ambos puntos de vista resultan necesarios y se complementan entre sí, pero que resulta imprescindible no mezclarlos, pues constituye un grave error metodológico atribuir al sistema observado distinciones que solo puede realizar el observador, como un actuar deliberado, búsqueda de progreso o de mejor adaptación al medio, entre otras.

Por eso, para Maturana (1991 y 2008), Maturana y Varela (1973 y 1984) en la explicación científica hay dos caminos para la validación de las afirmaciones. Uno de ellos, que los autores citados denominan objetividad sin paréntesis, se sigue cuando se busca la confirmación de la revelación en una realidad independiente del observador que la explica. En el otro, identificado como objetividad entre paréntesis, se acepta que el observador no puede distinguir entre ilusión (lo que aprecia en función de su estructura) y percepción (captación de los verdaderos rasgos del mundo objetivo), por lo que no es posible tomar una realidad independiente a él para validar su explicar, sino que habrá que hacerlo por la coherencia de su demostración.

Desde este punto de vista, alertan sobre el peligro que para las relaciones humanas presupone que el sujeto ceda ante la tentación de la certeza (confiar en que su certidumbre sea prueba de la verdad). La convivencia exige entender que cada cual percibe solo aquella parte de la realidad que le permite su estructura y con ese dominio experiencial construye su propia verdad, tan válida como la de los demás. El hecho de que los puntos de vista personales no constituyan razón suficiente para negar al otro, adquiere especial relevancia para la ética (Cárcamo, 2011).

Esa particular visión de la contraposición dialéctica entre verdad absoluta y verdad relativa, en estrecha articulación con sus postulados teóricos referidos a la biología del amor, adquieren connotación axiológica. Para la teoría de Santiago los valores constituyen distinciones en las configuraciones relacionales que adquieren significación desde el afecto

(Maturana, 1991). Todos (respeto, honestidad, cooperación, lealtad, responsabilidad, generosidad, justicia) se establecen sobre la base de dar legitimidad a los demás en la coexistencia. Sin aceptar al otro no hay convivencia social y los valores son rechazados, en lugar de aceptados.

Al explicar una parte importante del sustento biológico que subyace en los fenómenos sociales, esta teoría sirve como puente de articulación entre las ciencias de la naturaleza y las denominadas ciencias del hombre. Contribuye así a solucionar el cisma entre mente y materia que, generado a partir de las obras de René Descartes (1596-1650) publicadas en el siglo XVII, obstaculiza a los seres humanos dotados de espíritu y de conciencia, concebirse a sí mismos como seres biológicamente constituidos (Morin, 1984). De esta manera, favorece el desmontaje del antropocentrismo (Mazorco, 2010), sin renunciar por ello a presupuestos raigalmente humanista, lo que la acerca a posiciones ecosóficas.

Como ya se dijo anteriormente, en lo que va del presente siglo se aprecia una tendencia creciente a utilizar la concepción de autopoiesis en la investigación y perfeccionamiento de los procesos educativos. En ese contexto, (Fuentes, Álvarez, & Matos, 2004) defendieron la posibilidad de identificar cualidades autopoieticas emergentes al modelar procesos de índole educacional, criterio que ha tenido favorable acogida entre doctorandos cubanos en ciencias pedagógicas, sobre todo en la parte oriental del país. Perozo (2013) la utilizó como fundamento teórico que respalda el perfeccionamiento de la enseñanza superior, para lo cual considera a la institución universitaria como una unidad autopoietica y asume a la autoevaluación como fuente interna de mejora, para elevar continuamente su calidad. Danza (2013) ponderó el autoconocimiento, autoconstrucción y autorregulación, como características personales de los maestros en formación. Arriaga (2017) alertó, desde esta perspectiva, sobre el riesgo que corren los estudiantes de caer en un proceso de degradación del orden informacional, en la medida en que no incrementen su complejidad mental para gestionar los retos epistemológicos y sociales que se le plantean en la contemporaneidad.

Los autores del presente artículo consideran necesario establecer algunas precisiones con relación a los criterios manejados en las fuentes citadas en el párrafo anterior. En primera instancia, esas propiedades no deben buscarse en el constructo teórico elaborado por el observador, sino en la dinámica de un sistema al que este último reconoce existencia objetiva. En segundo lugar, no se debe tratar de encontrar la autopoiesis en la tendencia del proceso a la autonomía y al autodesarrollo, porque ambas cualidades están presentes también en determinados sistemas no autopoieticos. Lo esencial, desde el punto de vista defendido por Luhmann (1986), es verificar la existencia de un funcionamiento en red que garantice la conservación de la autonomía, gracias a la comunicación.

Conclusiones

La teoría de Santiago o teoría biológica del conocimiento ha impactado la filosofía, la sociología, la psicología, la pedagogía y la bioética. Al servir como puente de articulación entre las ciencias naturales y sociales, contribuye a fomentar un humanismo no antropocentrista.

El sistema categorial que se maneja en ella ofrece sólidos fundamentos teóricos para develar la esencia biológica de los sujetos que intervienen en el proceso educativo y las cualidades que hacen posible su educabilidad. De allí su importancia como fundamento de la educación.

Los postulados de la teoría de Santiago, en tanto fundamentos, no pueden ser tomados para explicar, sólo con ellos, los fenómenos que se dan en el proceso educativo, lo cual llevaría al biologicismo y, por tanto, también al reduccionismo. Lo que permiten es develar el basamento biológico que subyacen en postulados psicológicos, sociológicos, pedagógicos y filosóficos que sustentan la educación. Por otra parte, no tenerlos en cuenta significaría desconocer aspectos que se consideran razón necesaria y suficiente para explicar la estructura y dinámica de los sujetos participantes en el mismo, así como la emergencia de cualidades que hacen posible su educabilidad, lo cual tendría negativas implicaciones ontológicas, gnoseológicas y metodológicas.

Referencias

- Aragón, M. (2011). La teoría de sistemas autopoieticos. Una breve introducción a una teoría radical de la sociedad. *Sociología y Tecnociencia/Sociology and Technoscience*, 1(2), 1-15. Recuperado el 28 de octubre de 2018 de: https://www.researchgate.net/publication/277275025_La_teoria_de_sistemas_autopoiéticos_Una_breve_introducción_a_una_teoría_radical_de_la_sociedad
- Arnold, M., Urquiza, A. & Thumala, D. (2011). Recepción del concepto de autopoiesis en las ciencias sociales. *Sociológica*, 26(73), 87-108. Recuperado el 10 de septiembre de 2018 de: https://www.researchgate.net/publication/262593177_Recepcion_del_concepto_de_autopoiesis_en_las_ciencias_sociales
- Arriaga, J. (2017). Sistema, autopoiesis y entropía en los desafíos educativos contemporáneos. *Revista Educación y Humanismo*, 19(33), 271-288. Recuperado el 18 de septiembre de 2018 de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6395379.pdf>
- Asensio, J. (1987). Biología y educación. *Educación*, 12, 7-26. Recuperado el 1 de septiembre de 2018 de: <http://educar.uab.cat/article/view/v12-asensio-3>
- Bateson, G. (1991). *Pasos hacia una ecología de la mente*, Buenos Aires: Carlos Lohlé-Planeta.
- Becerra, G. (2016). De la autopoiesis a la objetividad. La epistemología de Maturana en los debates constructivistas. *Revista de Ciencias Humanas y Sociales*, 32(80), 66-87. Recuperado el 1 de septiembre de 2018 de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5920760>
- Bertalanffy, K. L. (1975). *Perspectives on General Systems Theory. Scientific-Philosophical Studies*. New York: George Braziller.
- Brower, J. (2009). Fundamentos epistemológicos para el esbozo de una pedagogía compleja. *Polis, Revista de la Universidad Bolivariana*, 8, 57-86. Recuperado el 16 de septiembre de 2018 de: <https://journals.openedition.org/polis/344>
- Candrea, A. (2013). Fundamentos biológicos de la educación. Programa de asignatura, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE) de la Universidad Nacional de La Plata. Recuperado el 1 de septiembre de 2018 de: www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/programas/pp.2321/pp.2321.pdf
- Cárcamo C. (2011). Verdad científica, poder y obediencia. *Acta Bioethica*; 17(2), 165-169. Recuperado el 18 de diciembre de 2017 de:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-569X2011000200002

- Castro, C. (2012). A fenomenologia da percepção a partir da autopoiesis de Humberto Maturana e Francisco Varela. *Griot – Revista de Filosofia*, 6(2), 98-120. Recuperado el 18 de diciembre de 2017 de: <http://www.slideshare.net/lucilapesce/teoria-da-autopoiese-maturana-e-varela>
- Chávez, J., Suarez, A. & Permy, L. (2005). *Acercamiento necesario a la pedagogía general*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Danza, S. L. (2013). Sujeto autopoietico y pedagogía creativa: la autopoiesis como característica fundamental para la construcción del maestro en formación. *Novum, Revista de Ciencias Sociales Aplicadas* 3: 95-102. Recuperado el 1 de septiembre de 2018 de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/novum/article/view/67131>
- Ferreirós, F. (2011). Responsabilidad y amor; dos vías para la comprensión de la crisis en la educación a partir de Arendt y Maturana. *Paralaje*, 7, 86-102. Recuperado el 1 de noviembre de 2017 de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4147415.pdf>
- Fernández, N., Rojo, E. & Heritier, E. (2017). Fundamentos biológicos del aprendizaje. Programa de asignatura para las carreras Profesorado en Ciencias de la Educación y Licenciatura en Ciencias de la Educación. Recuperado el 1 de septiembre de 2018 de: www.ceupromed.ucol.mx/revista/PdfArt/1/30.pdf
- Fuentes, H. C., Álvarez, I. B., & Matos, E. C. (2004). La teoría holístico - configuracional en los procesos sociales. *Pedagogía Universitaria*, 9(1), 1-5. Recuperado el 5 de enero de 2018, de <http://cvi.mes.edu.cu/peduniv/index.php/peduniv/article/view/273/264>
- Fuente de la, J. (1997). El lenguaje desde la biología del amor. *Literatura y Lingüística*, 10, s.p. Recuperado el 15 de septiembre de 2018 de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-58111997001000009
- Gibert-Galassi, J. & Corre, B. (2001). La teoría de la autopoiesis y su aplicación en las ciencias sociales. El Caso de la Interacción Social. *Cinta de Moebio* 12, 8-30. Recuperado el 15 de septiembre de 2018 de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10101203>
- González-Grandón, X. (2013). *La auto-producción de la subjetividad: autopoiesis y cognición de alto nivel*. En P. Razeto & R. Ramos. *Autopoiesis un concepto vivo* (95-118). Santiago de Chile: Universitas Nueva Civilización
- Laboy, J. (2012). Algunas similitudes en el pensamiento de Lev S. Vygotsky y Humberto Maturana. *Revista de Psicología*, 8(16), 63-72. Recuperado el 15 de noviembre de 2017 de: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/revistas/algunas-similitudes-vygotsky-maturana.pdf>
- Luhmann, N. (1986). The autopoiesis of social system. In F. Geyer & J. Van der Zouwen *Sociocybernetic Paradoxes - Observation, Control, and Evolution of Self-Steering Systems* (págs. 172-192), London: SAGE.
- Maturana H. (1991). *El sentido de lo humano*. Santiago de Chile: Ediciones Pedagógicas Chilenas S.A.

- Maturana, H. (1992 a). *Todo lo dice un observador*. En W. I. Thompson, *Gaia, implicaciones de la nueva biología* (págs. 63-79). Barcelona: Editorial Kairos.
- Maturana, H. (1992 b). *Emociones y lenguaje en educación y política*. Santiago de Chile: Ediciones Pedagógicas Chilenas S. A.
- Maturana, H. (2004). *Prefacio de Humberto Maturana R. a la segunda edición*. En H. Maturana & F. Varela, *De máquinas y seres vivos: una teoría sobre la organización biológica*, Sexta Edición (págs. 9-33). Santiago de Chile: Editorial Universitaria y Editorial Lumen.
- Maturana, H. (2008). *Autopoiesis, acoplamiento estructural y cognición; historia de estas y otras nociones de la biología de la cognición*. Santiago de Chile: Instituto de Formación Matriztica.
- Maturana, H. & Varela, F. (1973). *De máquinas y seres vivos: una teoría sobre la organización biológica*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Maturana, H. & Varela, F. (1984). *El árbol del conocimiento; las bases biológicas del entendimiento humano*. Santiago de Chile: Editorial Lumen.
- Maturana, H. & Vignolo, C. (2009). *Conversando sobre educación*. Archidona: Ediciones Aljibe.
- Mazo W. (2014). Elementos constitutivos para una bioética en Humberto Maturana. *Revista Lasallista de Investigación*, 11(1), 181-191. Recuperado el 19 de septiembre de 2018 de: www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v11n1/v11n1a22.pdf
- Mazorco, G. (2010). Educación en crisis. *Polis, Revista de la Universidad Bolivariana*, 9(25), 269-288. Recuperado el 16 de septiembre de 2018 de: www.redalyc.org/pdf/305/Numeros/12376_Numero_1.pdf
- Moraez, M. (2001). Educar y aprender en la biología del amor. Recuperado el 19 de septiembre de 2018 de: www.ub.edu/sentipensar/pdf/educar_y_aprender.pdf
- Moraez, M. (2002). Sentipensar bajo la mirada autopoietica o cómo reencantar creativamente la educación. *Creatividad y Sociedad*, 2, 41-56. Recuperado el 16 de septiembre de 2018 de: <http://www.creatividadysociedad.com/numeros/cys2.html>
- Morin, E. (1984). *Ciencia con consciencia*. Barcelona: Editorial Anthropos.
- Oliva, A. (1997). La controversia entre herencia y ambiente. Aportaciones de la genética de la conducta. *Apuntes de Psicología*, 51, 21-37. Recuperado el 15 de septiembre de 2018 de: <https://personal.us.es/oliva/GENETICA.pdf>
- Ortiz, A. (2015). La concepción de Maturana acerca de la conducta y el lenguaje humano. *Revista CES Psicología*, 8(2), 182-199. Recuperado el 18 de diciembre de 2017 de: <http://revistas.ces.edu.co/index.php/psicologia/article/view/3140>
- Ortiz, A. (2017). El pensamiento filosófico de Humberto Maturana: La autopoiesis como fundamento de la ciencia. *Revista Espacios*, 38(46), 31. Recuperado el 18 de diciembre de 2017 de: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n46/17384631.html>
- Pedrol, R. (2009). Comentario crítico sobre el concepto de autopoiesis y la concepción sobre la educación de Humberto Maturana. *Revista Semestral da Associação Brasileira de*

Psicología Escolar e Educacional (ABRAPEE), 13(2), 333-339. Recuperado el 1 de octubre de 2018 de:

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-85572009000200016&script=sci_abstract&tIng=es

Peña, W. (2008). Dinámicas emergentes de la realidad: del pensamiento complejo al pensamiento sistémico autopoiético. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 8(2), 72-87. Recuperado el 15 de marzo de 2018 de: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rlbi/article/view/1108>

Perozo, L. (2013). Hacia una autoevaluación autopoiética como principio regulador para el aseguramiento de la calidad educativa en las instituciones universitarias venezolanas. *Revista de Postgrado FACE-UC*, 8(14), 341-358. Recuperado el 18 de septiembre de 2018 de: <http://www.arje.bc.uc.edu.ve/ari14esp/art16.pdf>

Pont Vidal, J. (2016). Teoría de sistemas autopoiéticos y la “actor network theory”: ¿hacia una convergencia posestructuralista? *INTERthesis*, 13 (2), 38-57. Recuperado el 15 de agosto de 2017 de: https://www.researchgate.net/publication/318553551_Teoria_de_sistemas_autopoieticos_y_la_actor_network_theory_Hacia_una_convergencia_posestructuralista

Pont Vidal J. (2015). Niklas Luhmann neosystemic theory and the notion of communicative autopoiesis in organizational studies. *Cadernos EBAPE.BR.*, 15(2), 274 - 291. Recuperado el 15 de agosto de 2018 de: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1679-39512017000200274&script=sci_arttext&tIng=en

Prigogine I. & Nicolis G. (1977). *Self-organization in nonequilibrium systems*. Dordrecht: Springer.

Razeto, P. & Ramos, R. (2013). *Autopoiesis un concepto vivo*. Santiago: Universitas Nueva Civilización.

Rodríguez, D. & Torres, J. (2003). Autopoiesis, la unidad de una diferencia: Luhmann y Maturana. *Sociologías*, 5(9), 106-140. Recuperado el 15 de agosto de 2018 de: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-5222003000100005&script=sci_abstract&tIng=es

Ruiz, G. (2008). Reflexiones y definiciones desde la teoría biológica del conocimiento: aprendizaje y competencia en la universidad actual. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 34 (1): 199-214. Recuperado el 20 de agosto de 2018 de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07052008000100012

Varela, F. (1992). *Haciendo camino al andar*. En W. I. Thompson, *Gaia; implicaciones de la nueva biología* (págs. 47-62). Barcelona: Editorial Kairos.

Los autores son profesores de la Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte Loynaz”, Cuba, donde prestan servicios en el Centro de Estudios de Gestión Ambiental y la Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación, respectivamente. **Méndez Santos** es Doctor en Ciencias Biológicas y Profesor Titular, ha alcanzado experticia en temas de biodiversidad y educación ambiental, por la que recibió el premio Premio Nacional de Botánica a la obra de toda la vida y dos veces premios Academia. Su producción científica puede verse en https://www.researchgate.net/profile/Isidro_Mendez_Santos. **Carvajal Hernández**, Doctora en Ciencias Pedagógicas y Profesora Titular, se ha especializado en temas

formación por competencias. Su producción científica puede verse en https://www.researchgate.net/profile/Barbara_Carvajal_Hernandez