



**LA RUPTURA METABÓLICA DE LA CUENCA
HIDROGRÁFICA. LA CONSTRUCCIÓN
CONCEPTUAL DEL METABOLISMO HIDRO
SOCIAL URBANO DESDE LA ECONOMÍA
ECOLÓGICA Y LA ANTROPOLOGÍA ECOLÓGICA**

**METABOLIC BREAKDOWN IN WATERSHED BASIN. THE
CONCEPTUAL CONSTRUCTION OF URBAN HYDRO SOCIAL
METABOLISM FROM ECOLOGICAL ECONOMICS AND ECOLOGICAL
ANTHROPOLOGY**

Griselda Martínez Romero¹ y Salvador Peniche Camps²

DOI: <https://doi.org/10.47386/2023V1N3A3>

Resumen

En la Ecología Política, el ciclo hidrosocial explica la circulación del agua desde los actores sociales de poder. Sin embargo, en la Economía Ecológica (EE) y la Antropología Ecológica (AE) no se ha profundizado transversalmente como un isomorfismo biogeoquímico-sociocultural. Desde una revisión del concepto del metabolismo social, el trabajo que se presenta desarrolla una propuesta que consideramos como el Metabolismo Hidrosocial. Con el objetivo de aproximarnos a una metodológica transdisciplinaria del paradigma, se propone una representación ilustrada del Metabolismo Hidrosocial en el territorio de la Cuenca Hidrográfica y los procesos de urbanización.

Palabras clave: ciclo hidrosocial, economía ecológica, metabolismo hidrosocial.

¹ Universidad de Guadalajara, griseldamartinezrom@gmail.com, ORCID 0000-0002-0775-9816

² Universidad de Guadalajara. Departamento de Economía, speniche@cucea.udg.mx, ORCID: 0000-0001-8490-4178

Abstract

In Political Ecology, the Hydrosocial Cycle analyzes the circulation of water focusing on social actors in positions of power. However, in Ecological Economy (EE) and Ecological Anthropology (EA) paradigms, this perspective has not been discussed or translated into a biogeochemical-sociocultural isomorphism. Based on a bibliographic review of Social Metabolism, the present work develops a proposal that we refer to as Hydrosocial Metabolism. With the aim of developing a transdisciplinary methodological approach to our paradigm, we illustrate the components of Hydrosocial Metabolism vis-a-vis a territorial analysis of both watershed basins and urbanization processes.

Keywords: hydrosocial cycle, ecological economy, hydrosocial metabolism.

Fechas importantes

Recibido: 20 noviembre 2023 **Aceptado:** 9 enero 2024 **Publicado:** 31 enero 2024

- Las opiniones vertidas en este artículo son de exclusiva responsabilidad de los autores y no representa el pensamiento ni las opiniones de la revista.
- El presente artículo ha sido dictaminado por pares bajo la modalidad de doble ciego, así como revisado el porcentaje de originalidad por Turnitin con un mínimo de 90%
- Los manuscritos publicados en esta Revista podrán ser producidos con fines académicos, citando la fuente y el autor.

Introducción

La urbanización se expande sobre un discurso hegemónico de crecimiento económico mundial, mismo que está transformando los ciclos biogeoquímicos y colapsando los ecosistemas. Como es descrito en el análisis del Metabolismo Social, las estrategias de apropiación de la naturaleza del sistema económico capitalista ignoran las condiciones ecológicas y termodinámicas del planeta (Leff,1998; Martínez, 2004; Naredo,1993).

Para comprender el concepto de Metabolismo Hidrosocial propuesto en este escrito, se debe comprender, primeramente, la herramienta teórica del Metabolismo Social. Desde la Economía Ecológica, el concepto describe la circulación de la materia y la energía de los ciclos biogeoquímicos del planeta después de sus distintas interacciones socioeconómicas con el ser humano, además tiene como bases la Teoría General de Sistemas y la segunda Ley de la termodinámica (Toledo: 2013; Martínez,1999; Capra, 1999; Naredo, 1993). Mientras que, desde la Antropología Ecológica, las formas de valorización y apropiación de la naturaleza son determinadas ontológicamente y axiológicamente por los actores sociales (Bautista, 2016). Toledo (2013) lo describe como “la parte intangible del metabolismo social” (p.53), que se manifiesta en un conjunto de construcciones socioculturales de los elementos de la naturaleza.

La relación de ambos análisis complejos representa un reto transdisciplinar y exige pensar en nuevas premisas alternativas de las ya establecidas. Toledo (2011) describe esta perspectiva como uno de los mayores aportes ambientales del siglo, que nos permite visualizar y aproximarnos a la complejidad ambiental del contexto actual. Este aporte conceptual tiene como objetivo analizar, por medio de las herramientas teóricas, las interrupciones del flujo de la materia y energía del planeta, mismas que son controladas bajo construcciones e interpretaciones epistemológicas de los actores sociales.

En este escrito se propone la construcción conceptual sistémica del Ciclo Hidrosocial desde su propio metabolismo, que denominamos Metabolismo Hidrosocial, ejemplificado en los límites de la cuenca hidrográfica. Concebimos la fractura metabólica de la cuenca hidrográfica como las interrupciones sistémicas provocadas por los procesos de urbanización sin planificación integral, que se construyen a partir de las complejas percepciones y valorizaciones socioculturalmente del territorio biofísico, con racionalidades económicas extractivistas, capitalistas y patriarcales. Bajo esta premisa, Leff (2002) lo menciona como “la degradación

del territorio es una manifestación o síntoma de una crisis de la civilización de un modelo de modernidad bajo el predominio del desarrollo de la razón económica por encima de la organización de la naturaleza” (p. 8), que, dicho de otra manera, es aquella que está provocando la degradación de los elementos hídricos del planeta.

Los resultados nos arrojan un esquema de entendimiento conceptual del Ciclo Hidrosocial urbano, así como variables y herramientas transdisciplinarias para indagar más en propuestas metodológicas transdisciplinarias.

Fundamentación teórica

Conceptos útiles para explicar el Ciclo Hidrosocial desde la perspectiva de la Economía Ecológica y la Antropología Ecológica.

Metabolismo Social

El Metabolismo Social como herramienta teórica, parte del análisis del capitalismo y la enajenación del trabajo que describe Carl Marx en su obra *El Capital Volumen I* (1859) publicado en Hamburgo a finales de la década de 1850. Marx utilizó el término *stoffwechsel* que significa intercambio orgánico o metabolismo para referirse al intercambio entre sociedad y naturaleza, como resultado de la enajenación del trabajo del sistema económico capitalista. La crítica ecológica materialista no mecanicista de Marx fue la base para algunos cuestionamientos sobre la naturaleza cíclica, generando también la idea de una “brecha o ruptura metabólica” (González, 2014, p.66).

Sin embargo, aún no existía la estructura explicativa para la circulación de la materia y la energía que surge con la Teoría General de Sistemas, así como el pensamiento sistémico que se le atribuye a Ludwig Von Bertalanffy y también se consideran las bases de la ecología profunda y los sistemas complejos (Bertalanffy, 1989; Capra, 1999; García, 2016).

El criterio general del pensamiento sistémico es la suma de las partes que lo componen, específicamente los sistemas vivos como totalidades integradas que no pueden ser reducidas a sus partes más pequeñas. En este sentido, las propiedades de las partes sólo se pueden comprender desde la organización del conjunto, por lo tanto, el pensamiento sistémico se concentra en los principios esenciales de organización (Meadows, 2008). En los sistemas vivos involucra organismos individuales y sus partes, sistemas sociales y ecosistemas, que no puede

ser estudiados aisladamente; una parte es un patrón dentro de una inseparable red de relaciones y los objetos son redes de relaciones inmersas en redes mayores (García, 2016). Algo que Bertalanffy (1989) también había estudiado como flujo y equilibrio para describir los sistemas abiertos, que llevó a la idea de la existencia de puntos de inestabilidad en los que pueden surgir nuevas estructuras y formas de orden.

Entre sus aportes está el concepto de Isomorfismo como una estructura sistémica que admite un inverso; relaciones organizadoras: la configuración de relaciones ordenadas que caracteriza aquella clase específica de organismos o sistemas; y propiedades sistémicas emergentes: puesto que emergen precisamente en aquel nivel. Prigogine (1999) lo describió en la teoría de las estructuras disipativas en los sistemas vivos, como aquellas que operan lejos del equilibrio en procesos de regulación y autorregulación. Las propiedades sistémicas son propiedades de un patrón, lo que se destruye cuando un sistema vivo es diseccionado, es su patrón. Sus componentes siguen ahí, pero la configuración de las relaciones entre ellos “el patrón” ha sido destruido y en consecuencia el organismo muere porque llega a un equilibrio (Capra, 1999; Bertalanffy, 1989).

Dentro de los aportes de los sistemas existen dos relevantes: 1. La teoría de las estructuras disipativas de Ilya Prigogine, a partir de estudios de sistemas físicos y químicos de la naturaleza de la vida: “los organismos vivos fuesen capaces de mantener sus procesos vitales bajo condiciones de no equilibrio. Los sistemas alejados del equilibrio térmico pueden ser estables” (Capra, 1999, p. 115) y 2.- El concepto de retroalimentación está íntimamente ligado al de patrón en red. Puesto que las redes de comunicación pueden generar bucles de retroalimentación, son capaces también de adquirir la habilidad de regularse a sí mismas.

Capra (1999) enfatizó en el análisis sistémico que, la estructura implica cantidades mientras que el patrón implica cualidades, las relaciones funcionales constituyen el patrón de organización y los procesos de autorregulación. Es decir que, las relaciones del patrón tendrán que ver con la estructura del sistema y las cualidades de sus elementos.

Proceso de estructuración materia y la energía

Georgescu-Roegen (1996) afirmó que “la economía de los procesos biológicos está regida por la Ley de la Entropía, no por las leyes de la mecánica” (p. 21), esto significó un cambio significativo en el entendimiento del metabolismo de la tierra como sistema vivo. Los

fundamentos de la Teoría General de Sistemas y la segunda Ley de la Termodinámica dieron paso al análisis de la circulación de la materia (como los elementos de la naturaleza en los intercambios ecológicos y económicos en los territorios) y la energía (el intercambio de calor). Considerando el principio de la irreversibilidad de los fenómenos físicos cíclicos bio-metabólica y socio-metabólica y con ello se consolidó el proceso general de metabolismo entre la naturaleza y la sociedad en el aumento de entropía en el tiempo.

John Bellamy Foster, desde la ecología, retoma la perspectiva materialista de Marx en el concepto de fractura metabólica, afirmando que los problemas ecológicos son complejos especialmente los que emergen bajo el capitalismo, por lo tanto “La degradación ecológica está influenciada por la estructura y la dinámica del sistema capitalista mundial” (Foster, 2012: 1). Así, las condiciones de la Tierra son transformadas, creando, potencialmente, variadas formas de degradación ecológica en un proceso entrópico de flujo de apropiación y excreción de los elementos de la naturaleza por parte de los seres humanos. Toledo (2014) nombra a la circulación de la materia en las estructuras sociales como “las entrañas de la sociedad” (p.53) y describe el flujo de los procesos metabólicos sociales de transformación y circulación en tres tipos de flujos de energía y materiales: los flujos de entrada, los flujos interiores y los flujos de salida. El proceso metabólico se ve entonces representado por cinco fenómenos que son teórica y prácticamente distinguibles: la apropiación (A), la transformación (T), la circulación (C), el consumo (Co) y la excreción (E) (p.47).

La apropiación de materia y energía de la naturaleza para ser consumidos y excretados de nuevo a la misma naturaleza tiene procesos de impacto ambiental diferentes dependiendo de las características plurales del territorio. El uso, manejo y gestión de los elementos del territorio responden a las cosmovisiones que se crean en las estructuras de cada grupo cultural y sus particularidades. Por lo tanto, las formas de apropiación de cada grupo reflejan: la cantidad de material y energía implicados en el proceso, el área donde se produce, el tiempo disponible o la capacidad de regeneración de la naturaleza, así como el significado a las formas de apropiación.

Toledo define dos formas de apropiación: 1: sin provocar cambios sustanciales 2.- la acción humana desarticula o desorganiza los ecosistemas que se apropia (2014). Considera que lo que implica el proceso del metabolismo social, existe en dos dimensiones: lo tangible de materia y

energía y lo inmaterial o intangible condicionado por los aspectos socioculturales de apropiación. Las dos dimensiones del metabolismo social son ejemplificadas en una ilustración que integra dos cuerpos poliédricos (uno dentro del otro): uno formado por los cinco procesos materiales (descrito por números) y el que conforma el conjunto de dimensiones intangibles (descrito por letras) conformada por dos partes (lo material, es decir, lo intangible) indisolublemente ensambladas, totalidad que a su vez mantiene relaciones recíprocas, dinámicas y complejas con el mundo de la naturaleza y sus procesos. Dentro de esta estructura la porción material o visible opera como el contenido y la parte inmaterial o invisible como la contenedora. De este modo la primera está representada por procesos materiales, identificables y cuantificables, mientras que la segunda se encuentra formada por dimensiones (cognitivas, simbólicas, institucionales, jurídicas, tecnológicas, entre otras (2014, p. 52).

Parte fundamental del análisis contextual de lo nombrado intangible está en la epistemología del llamado Desarrollo y Modernidad, dentro de una racionalidad social con la que se ha concebido a la Naturaleza como parte de la cosmovisión occidentalizada. La naturaleza salvaje que alguna vez Descola (2002) describió de los indígenas Achuar de la Amazonia ecuatoriana, era una naturaleza a la que se le atribuían cualidades antropogénicas como el alma y asegura una conciencia totémica, animista, reflexiva e intencional fue transformada en recursos, elementos de consumo o recreativos dentro del sistema capitalista. Bautista (2016) define la epistemología de los conceptos de apropiación y producción a partir del materialismo cultural dentro del análisis de la antropología ecológica, afirmando que la cultura evoluciona a partir de tres pilares: factores demográficos, ambientales y tecnológicos: “La antropología ecológica trata de la relación del ser humano (población humana), el hábitat y la cultura, que nos lleve a una Ecología humana” (Bautista, 2016, p.37). Por lo tanto, el abordado debate entre naturaleza y cultura no comprende estos como entidades separadas y opuestas, sino que el análisis debe sobrepasar esa dicotomía para comprender la totalidad de nuestro contexto, porque el entorno es un todo integrado de cosmovisiones y modelos sociales.

Lo antes mencionado se consideran las herramientas teóricas de análisis de la EE, para comprender la relación del conjunto de sistemas biogeoquímicos del funcionamiento de la vida. A partir de ellos podemos desprender uno de los ciclos que coexisten de la tierra, el ciclo hídrico como un sistema biofísico y el ciclo hidrosocial como el conjunto de dos sistemas bio-metabólico y socio-metabólico, es decir un isomorfismo.

Construcción del Metabolismo del Ciclo Hidrosocial

Aplicación de los entramados teóricos de la Economía Ecológica y la Antropología Ecológica en el análisis de la cuenca hidrográfica.

Metabolismo del Ciclo Hidrosocial

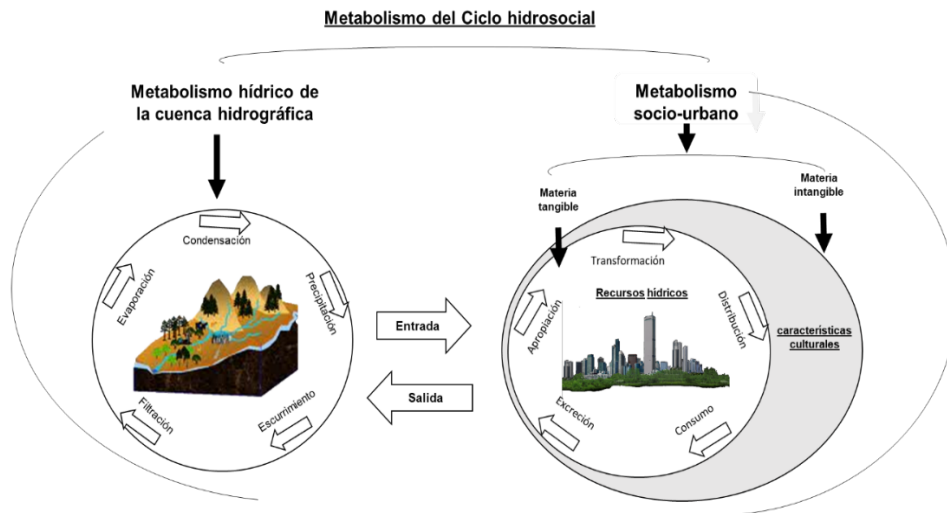
El ciclo hidrosocial como concepto de análisis se comprende también como sistema complejo (García, 2016) que se integra por dos sistemas: el biofísico de la cuenca hidrográfica a partir del ciclo hídrico y el socioeconómico-cultural del metabolismo social sobre el cual se organiza la población. Es decir, estamos frente a un isomorfismo, de acuerdo con la Teoría General de Sistemas (Bertalanffy, 1989), el cual se compone de una parte tangible del territorio biofísico y una intangible del sistema de creencias que corresponde a la cultura manifestada en percepciones, usos y manejos de los elementos de la naturaleza (Toledo, 2013). Por lo tanto, el ciclo hidrosocial es la relación de un sistema complejo de dos sistemas socio-metabólico y bio-metabólico en la dinámica de circulación del agua del territorio.

El isomorfismo que conforma el ciclo hidrosocial puede ser entendido y analizado desde el patrón articulador del metabolismo, a partir de la caracterización de sus partes y el funcionamiento, Como se mencionó antes, las propiedades esenciales o sistémicas son propiedades del conjunto, que ninguna de las partes tiene por sí sola. El análisis de este isomorfismo es complejo y requiere una comprensión holística que sobrepasa a una sola disciplina, debido a que enfrentamos no solo un metabolismo biofísico de la cuenca hidrográfica, sino también un metabolismo socio-urbano que es socioeconómico de la urbanización. La materia tangible que es transformada por los pueblos y culturas, pero también es la construcción epistemológica de la relación sociedad-naturaleza reflejada en las formas de apropiación y degradación.

Esta complejidad limita el desarrollo de un análisis holístico de todos los elementos del isomorfismo del ciclo hidrosocial y su funcionamiento, pero permite caracterizar sus elementos y el problema de investigación (figura 1). Se reconoce dos aspectos importantes a la EE en el análisis de del crecimiento urbano y la circulación y el deterioro del agua en el territorio: a la economía como un sistema abierto que intercambia materiales y energía con el exterior (la biosfera) y la falacia del capital natural, basado en la ausencia de límites y de la reversibilidad del deterioro ambiental. En este contexto conceptual, se comprende que el agua

es un recurso más dentro del sistema económico que mueve el metabolismo del sistema urbano, y que ambos son sistemas complejos que requieren un análisis profundo tanto biofísico como epistémico.

Figura 1 Esquema del ciclo hidrosocial



El esquema puede desglosarse en las variables de la tabla 1, mismas que deben considerarse por metabolismo de cada ciclo, así como los criterios a medir: índice, indicador, herramientas y técnicas de investigación.

Tabla 1. Variables del metabolismo del ciclo hidrosocial urbano

Metabolismo del ciclo hidrosocial
<i>1. Metabolismo Hídrico bio-físico</i>
Características hidrológicas de la cuenca, subcuenca, microcuenca, unidades de escurrimiento.
Características geomorfológicas de la cuenca, zonas funcionales
Otros aspectos de las características del suelo y la vegetación.
<i>2. Metabolismo Socio-Urbano (tangible)</i>
Morfología urbana y crecimiento urbano
Características socio-demográficas
Características del uso del suelo y la vegetación
<i>3. Metabolismo Socio-cultural (intangible)</i>
Actores sociales de poder
Conocimiento y manejo del territorio
Prácticas culturales asociadas al manejo del territorio
Organización y conflictos territoriales

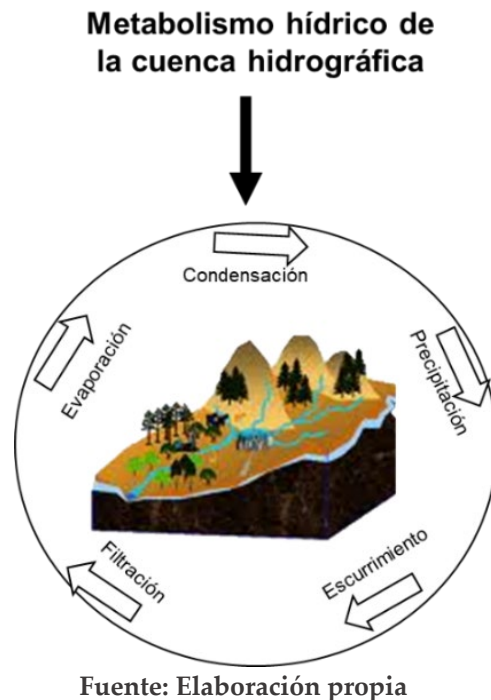
Fuente: Elaboración propia.

La dicotomía transdisciplinar en la actualidad donde el paradigma ecológico gira en torno uno cultura-naturaleza, es más una cuestión que relaciona por un lado el conocimiento ambiental de las Ciencias Naturales y por otro lado el conocimiento sociocultural que suministra de las Ciencias Sociales. Así, el reto transdisciplinar del Metabolismo hidrosocial es el conjunto de distintos conocimientos y herramientas metodológicas que demandan la AE y la EE. Como remarca Bautista (2016) el paradigma ecológico debe demandar los siguientes puntos: a) El compromiso de una investigación participante; b) Salir de la rigidez de la disciplina de la Antropología; c) Abandonar la perspectiva antropocéntrica; y d) Aprender de nuevas formas de adaptarnos a lo ecológico (p. 38).

Metabolismo Biofísico de la Cuenca

El ciclo hidrosocial, desde una perspectiva ecosistémica, comprende que este es un isomorfismo bio-metabólico y socio-metabólico que para su conceptualización y análisis es necesario la limitación de los conceptos teóricos, así como territoriales. Por lo tanto, la cuenca hidrográfica ejemplifica lo antes dicho al ser un territorio geográfico que comprende un conjunto de biosistemas abiertos y emergentes del ciclo hídrico interactuando (figura 2).

Figura 2 Metabolismo hídrico de la cuenca Hidrográfica



La cuenca hidrográfica es un territorio geográfico natural delimitado por elementos biofísicos interrelacionados e interdependientes por la circulación del agua, es a partir de la integración coordinada con el ciclo hídrico que se desarrolla el funcionamiento del metabolismo natural del planeta. Sus relaciones complejas tanto internas como externas tienen como fin principal la reproducción continua del ciclo de vida.

Su funcionamiento sistémico complejo no puede ser analizado aisladamente en sus elementos, debido a que en su funcionamiento tiene la organización de sus elementos. Es un sistema territorial abierto de captación de entradas y salidas de agua que interactúa con elementos bióticos y abióticos dentro de una serie de relaciones complejas. Cada cuenca tiene características biofísicas importantes: geomorfología del suelo, clima, cobertura vegetal, flora y fauna, los límites definidos y salidas puntuales están estructuradas por un parteaguas y delimitadas jerárquicamente. Las cuencas endorreicas, arreicas y exorreicas son sistemas abiertos de circulación de materia y energía resultado de la relación de los elementos estructurales de los ecosistemas (Maass, 2005; Cotler, 2004; Dourojannie, 2002).

El funcionamiento natural de la cuenca hidrográfica otorga servicios ambientales inconmensurables como el suministro de agua dulce, la regulación del caudal de los ríos, el mantenimiento de los regímenes hidrológicos naturales, la regulación de la erosión o la respuesta a eventos naturales extremos, entre otros (Cotler, 2004). La interpretación antropocéntrica de estos procesos se articula para el desarrollo de distintas actividades productivas de uso, y manejo del territorio para beneficio de las poblaciones. La suma de actividades productivas articula una secuencia mayor de acciones que mueve a millones de personas en un ciclo de 30 consumo, Marx lo definió como el metabolismo social y Toledo lo describe como “la relación de los procesos naturales y los procesos sociales de producción y consumo entre la sociedad y la naturaleza en un determinado contexto” (2011, p. 50).

Estas relaciones socioeconómicas se describen, primeramente y a partir de las características socio-demográficas, por tamaño y distribución; en la producción de bienes y servicios, uso del suelo, empleo, ocupación, oferta del suelo para fines inmobiliarios; las comunidades asentadas, sus características organizativas, sistemas de creencias y de valores culturales (Ordoñez, 2011).

La alteración biofísica de la cuenca hidrográfica repercute en la capacidad de mantener las funciones ecosistémicas y el suministro que proporcionan a las sociedades que dependen de

ellas. Esto altera los procesos bioquímicos en distintos niveles; en la fertilidad del suelo, la regulación del clima, la polinización y la disponibilidad del agua, entre otras (Maass, 2005; Cotler, 2004; Dourojannie, 2002; Ochoa, 2016). Al respecto, Ochoa (2016) ejemplifica lo antes mencionado, particularmente en la deposición de Nitrógeno como uno de los principales agentes de cambio en el funcionamiento de los ecosistemas, asociado a la emisión de gases contaminantes por la quema de combustibles. Reconoce cómo un aumento considerable de carbono en el suelo puede tener implicaciones fuertes positivas ante el contexto del cambio climático:

Los cambios en la descomposición de la materia orgánica y mineralización asociados a la deposición del Nitrógeno también tienen consecuencias en la disponibilidad de otros nutrientes clave para el crecimiento de las plantas, tales como el Fósforo, lo que, en último término, depende del balance entre los cambios asociados a la entrada de hojarasca y los asociados al procesamiento de la materia orgánica (Lu, 2012). Una reducción de las tasas de descomposición y respiración, junto con el aumento de la producción vegetal, ha llevado a muchos autores a sugerir el posible papel beneficioso de la deposición de Nitrógeno en el secuestro de Carbono (Dijkstra, 2004; Knorr, 2005; Zak, 2011; Ochoa Hueso 2014a; Maaroufi, 2015), sobre todo en el suelo, el principal reservorio de Carbono a nivel global. (Ochoa, 2016, p. 4)

Los cambios en la composición del suelo por actividades antropogénicas, tienen consecuencias hídricas importantes, por una parte, intervienen en los ciclos biogeoquímicos (oxígeno, hidrógeno, calcio, sodio, azufre, fósforo, potasio, carbono, nitrógeno y otros elementos) y por otra parte en los ciclos biofísicos (suelo, agua y vegetación). Las alteraciones hídricas en la cuenca hidrográfica se caracterizan por una relación entre las degradaciones del suelo y la pérdida de cobertura vegetal que ocasionan arrastres e inundaciones principalmente, debido a la imposibilidad del suelo en el cumplimiento de una de las funciones importantes del ciclo hídrico, la infiltración.

Metabolismo Socio-Urbano de la Cuenca Hidrográfica

Para Toledo, el metabolismo social puede abordarse en diferentes “campos” de estudio: agrario o rural, urbano e industrial, y en escenarios temporales, identificados por los períodos históricos y a distintas escalas: “la de unidad de apropiación/producción, la de comunidad, lo

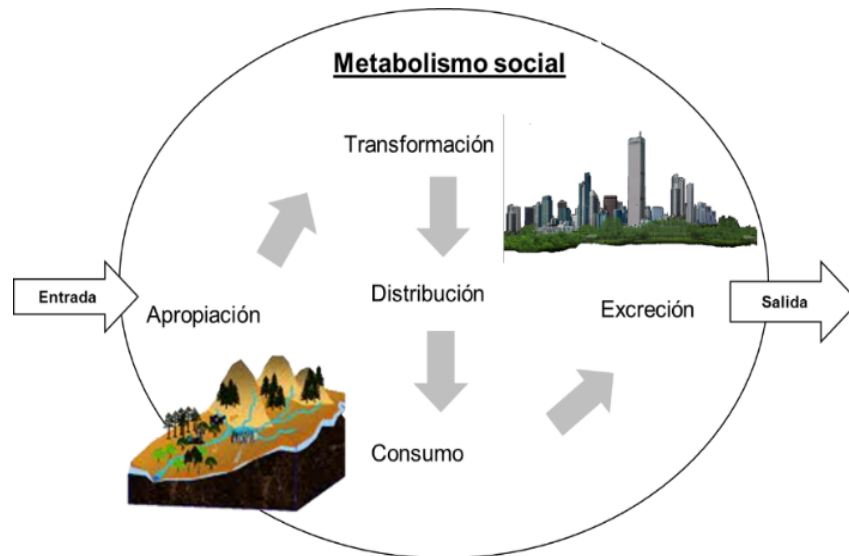
microrregional (municipios o condados), la regional (cuencas hidrográficas), la nacional, la internacional y la global o de especie” (2011, p. 42). Los procesos del metabolismo social urbano son tangibles y son el reflejo de la producción y consumo actual, se ven reflejados estructuralmente en la apropiación de materiales y energías de la naturaleza (input) y finaliza cuando depositan desechos, emanaciones o residuos en los espacios naturales (output) (figura 3). Específicamente, los flujos de energía y materiales se dan en un ciclo de flujos de entrada, flujos interiores y los flujos de salida, dentro las energías y materiales circulan, se transforman y terminan consumiéndose. El metabolismo social se estructura en cinco fenómenos que son teórica y prácticamente distinguibles y relacionados: La apropiación (A), la transformación (T), la circulación (C), el consumo (Co) y la excreción (E):

Mediante A, la sociedad se nutre de todos aquellos materiales, energías, agua y servicios que los seres humanos y sus artefactos requieren como individuos biológicos (energía endosomática) y como conjunto social (energía axosomática) para mantenerse y reproducirse. El proceso de transformación (T) implica todos aquellos cambios producidos sobre los productos extraídos de la naturaleza, los cuales ya no son consumidos en su forma original. El proceso de circulación (C) aparece en el momento en el que las unidades de apropiación dejan de consumir todo lo que producen y de producir todo lo que consumen. Con ello se inaugura, en sentido estricto, el fenómeno del intercambio económico. En el proceso metabólico del consumo (Co) se ve envuelta toda la sociedad, independientemente de su posición en la cadena metabólica. Este proceso puede ser entendido a partir de la relación que existe entre las necesidades del ser humano, social e históricamente determinados, y los satisfactores proporcionados por medio de los tres primeros procesos (A+T+C). El proceso de excreción (E), que es el acto por el cual la sociedad humana arroja materiales y energía hacia la naturaleza (incluyendo basuras, emanaciones, gases, sustancias y calor), también se ve envuelta toda la sociedad y todos los procesos metabólicos. (Toledo, 2013, p. 47)

El metabolismo social se compone de lo tangible y lo intangible, lo tangible es todo aquello que se consume directamente de la naturaleza y lo intangible constituye el componente socio-cultural que se expresa con imaginarios y valorizaciones que está sustentado en una serie de creencias y cosmovisiones de sesgos culturales o socialmente determinados en un contexto histórico específico (Costanza,1994; Peniche, 2019; Martínez, 2020).

Esta dinámica socio-cultural se convierte, ayudado por las tecnologías, en un modo de vida que comprende las relaciones con el entorno natural, particularmente con el agua. En el metabolismo social de las ciudades circulan los flujos hídricos del sistema natural de la cuenca hidrográfica, en un ciclo que se vuelve híbrido donde las sociedades dependen del agua del territorio y se desarrollan múltiples usos, manejo y gestión. La relación de dependencia dentro del metabolismo social se estructura como ciclo hidrosocial.

Figura 3 Metabolismo social



Fuente: Elaboración propia basado en Toledo, 2013.

Para Swyngedouw (2013) el ciclo hidrosocial se presenta como la suma de distintos los procesos metabólicos, que se ejemplifican en la dirección de los flujos hídricos y la influencia los actores implicados. El ciclo hidrosocial tiene diferentes procedencias y tipologías hídricas que dependen de los aportes del agua y las características contextuales en un ciclo continuo. El flujo hídrico puede comenzar con la disponibilidad de agua en el territorio de forma natural de una dinámica biofísica, la que es aplicada para la agricultura, el agua virtual, el abastecimiento en la vivienda, la industria, el comercio y la que termina desechada al drenaje. En este ciclo hidrosocial el agua de la cuenca hidrográfica pasa por distintas alteraciones al ser intervenida por el metabolismo social de las ciudades y sus actores. Las intervenciones antropogénicas han reestructurado sus características biofísicas para la circulación del agua; cada uno de los procesos de precipitación, escorrentía, infiltración y evapotranspiración pasa

por una disrupción que provoca un reajuste en su dinámica sistémica (Boelens, 2006; Swyngedouw, 2013). El nuevo orden genera alteraciones en el flujo y almacenamiento en la distribución del agua del territorio provocando impactos difíciles de cuantificar y caracterizar en su totalidad.

Discusión

La fractura metabólica de las cuencas hidrográficas

La disrupción de los sistemas naturales parte de la alteración del flujo y almacenamiento hídrico, todo lo que implica el “nuevo orden” o “desorden” que puede ser percibido como un desequilibrio entrópico en los ecosistemas. Los desequilibrios que generan un aumento o disminución de entropía en el sistema de la cuenca hidrográfica, imposibilitan el cumplimiento con sus funciones esenciales, dando como resultado una fractura metabólica del sistema (Maass, 2005; Burkett, 2006).

El concepto de fractura metabólica de la naturaleza, desde la postura crítica del ecomarxismo, es entendido como una de las consecuencias del modo de producción y la relación entre naturaleza y sociedad capitalista contemporánea. La fractura metabólica del sistema natural de la cuenca hidrográfica debe analizarse desde la composición del metabolismo social de los modos de producción y consumo de las ciudades, ya que en ellas se han desarrollado los impactos más significativos en la estructura y función de la cuenca hidrográfica. Al respecto, Gonzales (2018) reconocen cómo los procesos antrópicos desordenados de expansión habitacional del sistema urbano han dado origen a procesos entrópicos de urbanización difusa, los cuales están cambiando la composición y características biofísicas originarias, de manera incluso irreversible del agua, suelo, fauna, flora y subsistemas atmosféricos (componentes entrópicos). Concluyen afirmando, que la entropía en el sistema biofísico crea una disrupción de los sistemas hídricos, la modificación de los usos del suelo, el crecimiento habitacional y poblacional, los cambios de dirección de los escurrimientos pluviales, que tanto en volumen como en velocidad afectan con inundaciones las áreas bajas de la cuenca. La ruptura metabólica del ciclo hídrico de la cuenca hidrográfica y un nuevo orden en la funcionalidad de este; a partir de la cantidad de flujo y distribución del agua se generan desequilibrios ecosistémicos que evolucionaron en el planeta y dieron paso a la vida que existió durante todas las etapas geológicas de la Tierra hasta llegar al Antropoceno. Las nuevas formas de interacción

de la población en esta etapa geológica se caracterizan por tener una serie de patrones de producción y consumo.

Estos se convierten en las características del metabolismo social que ha crecido a expensas del metabolismo natural de los ecosistemas y que sostienen los sistemas bióticos y abióticos existentes en el planeta. El metabolismo social se vuelve parte del actual metabolismo hídrico al coexistir juntos en el territorio urbano. Esta simbiosis ocasiona la situación actual del agua, y no se debería analizar la crisis ambiental sin la consideración de la relación de ambos metabolismos, así el concepto del ciclo hidrosocial obtiene un significado importante que explica y sostiene las causas de los contextos de deterioro y explotación del agua. En este sentido, la revalorización del espacio físico es por la presencia de agua pasa a ser una relación con el territorio donde se articulan actividades a nivel cultural, económico y social. Este vínculo entre lo hídrico y lo sociocultural resulta ser complejo de representar si no se definen, desde un punto de vista epistemológico, las múltiples interrelaciones, pero también las interacciones multicausales y multicontextuales.

La relación de las acciones antropogénicas del metabolismo social de las ciudades con el ciclo hídrico de las cuencas hidrográficas, debe analizarse a partir de las formas de producción y consumo, pues es ahí donde se han maximizado los factores que han ocasionado la crisis ambiental. Toledo (2013) lo menciona como la “parte blanda” invisible e inmaterial del metabolismo social, la parte intangible de la sociedad la que opera como un armazón para los procesos materiales del metabolismo. Entonces, el ciclo hidrosocial forma parte de este entramado complejo que conforma parte de lo inmaterial del ciclo hidrosocial, pero es revalorizada de forma similar a la naturaleza al no ser agua disponible para el consumo humano, sino un elemento más que existe en el territorio. Por lo tanto, las acciones que se ejercen en el agua del territorio están entrelazadas con las mismas concepciones y valorizaciones socioculturales que existen con la Naturaleza y sus otros elementos, estas están condicionadas contextualmente para América latina. En un sentido amplio, el agua del territorio se concibe desde el entendimiento de las construcciones epistémicas de la relación sociedad-Naturaleza.

Conclusiones

La gestión del territorio hídrico representa una complejidad de múltiples factores biofísicos y socioeconómicos que se relacionan y generan un comportamiento caótico actual. Además, compaginado a las dinámicas económicas, el mercado se ha convertido en el regulador dominante de los ciclos ecosistémicos al tener gran influencia en el crecimiento de las ciudades. Este mismo también, subconsecuente, determina la distribución del agua, la salud pública, la producción de alimentos, el desarrollo industrial e incluso para la estabilidad social y política, entre otros fenómenos.

Consideramos que las formas de gestionar el territorio hídrico en las áreas urbanas deben de partir, primeramente, de entenderles como sistemas complejos adaptativos, así como sistemas con sus propios metabolismos. El aporte conceptual que llamamos Metabolismo Hidrosocial nos acerca a este entendimiento ecológico de los elementos que intervienen en la circulación del agua, así como la ruptura metabólica como concepto teórico y metodológico de la crisis climática, donde el ciclo hidrosocial es un elemento más que agrega. Esto nos muestra una parte de la complejidad del escenario actual de la planificación del territorio, pero nos abre un camino amplio a la racionalidad ecológica y a nuevas formas no antropocentristas, de las múltiples formas occidentales persistentes de la relación ser humano-naturaleza.

Como Swyngedouw (2004) enfatiza, solo las perspectivas político-ecológicas teóricas y locales sobre el agua han señalado una estrecha relación entre las transformaciones dentro del ciclo hidrológico a nivel local, regional y global, por un lado, y las relaciones del poder social, político, económico y cultural, por el otro.

Referencias bibliográficas

- Bautista F. J. (2016) Antropología ecológica. Editorial Dykinson
- Bertalanffy, L. V. O. N. (1989). Teoría general de los sistemas. Signo y Pensamiento. Fondo de Cultura Económica.
- Capra, F. (1999) La trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos. Editorial Anagrama, S.A.
- Cotler, H. (Coop) (2004). El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. Secretaria de medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto de Ecología.

- Costanza, R. (1994). La economía ecológica de la sostenibilidad. Inversión en capital natural. En Goodland, R. y Daly, H. E. Desarrollo económico sostenible: avances sobre el Informe Brundtland. (pp.153-169). 1ª edición, Tercer Mundo Editores.
- Descola, P. (2002). La Antropología y La Cuestión de La Naturaleza. Repensando la naturaleza encuentros y desencuentros disciplinarios en torno a lo ambiental. Universidad Nacional de Colombia <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57002/958818102X.preliminares.pdf?sequence=10&isAllowed=y>
- Dourojeanni, A., Jouravlev, A. (2002). Gestión del Agua a Nivel de Cuencas: Teoría y Práctica. Santiago de Chile, División de Recursos Naturales e Infraestructura.
- Foster Bellamy F., Brett C. (2012). Imperialismo ecológico y la fractura metabólica global. Intercambio desigual y el comercio de guano/nitratos. Revista Theomai, 26 (julio-diciembre, 2012). <http://revista-theomai.unq.edu.ar/NUMERO%2026/Foster%20y%20Clark%20-%20Imperialismo%20ecol%C3%B3gico.pdf>
- García, R. (2016). Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación de la investigación interdisciplinaria. Editorial Gedisa.
- Georgescu Roegen, N. (1996). La Ley de la Entropía y el proceso económico. Editorial fundación argentina.
- González De Molina M. y Toledo V. M. (2014) Environmental History. The Social Metabolism A Socio-Ecological Theory of Historical Change. Editorial Springer. <http://www.springer.com/series/10168>
- González Pérez, M. G., López Lara, L. F. (2018). Entropía del crecimiento habitacional en el río Blanco de la metrópoli de Guadalajara, México. Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 39(2), 100-111.
- (1998) Saber Ambiental: Sustentabilidad, Racionalidad, Complejidad y Poder. Editorial Siglo XXI.
- (2002) Saber Ambiental: Sustentabilidad, Racionalidad, Complejidad, Poder. Siglo XXI editores.
- Maass, M. (2005). Principios Generales sobre Manejo de Ecosistemas. Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM. Recuperado de: www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/395/maass.html?id_pub=395 consultada en septiembre 2020
- Martínez Alier, J. (1999) Introducción a la economía ecológica. Editorial Rubes, S.L. Sicilia.
- Meadows, D. (2008) Thinking in systems. Editorial Sterling: Earthscan
- Mies, M., Shiva, V. Ecofeminismo (2013). Ecofeminismo teoría, crítica y perspectivas. Editorial Icaria.
- Naredo, J. (1993) Fundamentos de la Economía Ecológica. En Aguilera, F. y Alcántara V. (comp.) De la economía ambiental a la economía ecológica. Barcelona: ICARIA: FUHEM

- Ochoa Hueso, R. (2017). Consecuencias de la deposición de nitrógeno sobre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas terrestres: Una aproximación general desde la ecología de ecosistemas. *Revista Ecosistemas*, 26(1), 25-36. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-1.05>
- Ordoñez Gálvez J.J. (2011) Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Global Water Partnership South América. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwpsam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf
- Prigogine, Ilya (1999). *Las Leyes del Caos*. Barcelona: Crítica.
- Swyngedouw, E., (2013). Into the sea: desalination as hydro- social fix in Spain. *Revista Annals of the Association of American Geographers*, 103(2), 261-70.
- Toledo V. M. (2013) El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica. *Revista Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, 136 (otoño 2013), 41-71.
- Toledo, V. M, (2011) La crisis de civilización es una crisis de las relaciones de la sociedad industrial con los procesos naturales. Entrevista por M. Di Donato. En *Revista Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, N°. 110. 171-177 http://www.fuhem.es/media/ecosocial/File/Entrevistas/entrevista%20a%20Victor%20Toledo_b_M.%20DI%20DONATO.pdf