

Metabolismo social y transición sociometabólica. Principales planteamientos

García Marañón, Claudia Elena

2025-08-06

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/6331>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

Metabolismo social y transición sociometabólica

Principales planteamientos¹

Claudia Elena García Marañón²

Durante los últimos cien años, la especie humana ha modificado y/o afectado los ecosistemas del planeta Tierra, de forma más extensa y rápida que en ningún otro periodo de la historia humana.
(González de Molina y Toledo, 2011: 337)

A partir de la preocupación que generó la llamada crisis ambiental, en diferentes disciplinas surgió la necesidad de estudiar sus efectos, causas y consecuencias; es así como, desde la mitad del siglo XX principalmente en Estados Unidos y Europa, aparecen una gran variedad de investigaciones enfocadas en el estudio de la relación entre el hombre y la naturaleza. Desde entonces los temas relacionados con lo que ahora se denomina *estudios sobre medio ambiente* se han ampliado, crecido e incorporado a un gran número de investigadores, además de que han surgido una serie de disciplinas híbridas que, desde un enfoque multicriterio, interdisciplinar, complejo e integral intentan replantear tanto el pensamiento como las acciones “sobre la naturaleza, la sociedad, la economía, la política y la cultura, todo desde una visión que busque identificar y responder los retos, así como atender la realidad imperante y los futuros posibles que de ésta se puedan derivar” (Delgado Ramos 2015, 11:41).

Dentro de esta variedad de enfoques también se han desarrollado métodos y aparatos teóricos para el estudio de las diversas temáticas que involucran la relación entre los sistemas sociales y naturales; por ejemplo, las tensiones y conflictos entre ambos sistemas se pueden enfocar en el marco de la justicia o la ética ambiental; la producción y el consumo por medio de planteamientos de la economía ambiental, la economía ecológica o inclusive la economía social. Así, uno de los conceptos que va adquiriendo cada vez más relevancia es el de

¹ Este trabajo forma parte de la tesis “Bases de la transición sociometabólica. Industria y mundo urbano. Puebla, 1854-1876”, que elaboré para obtener el grado de doctora en Historia, presentada en diciembre de 2018, en el Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades, “Alfonso Vález Pliego” de la BUAP.

² Departamento de Ciencias Sociales, Universidad Iberoamericana Puebla.

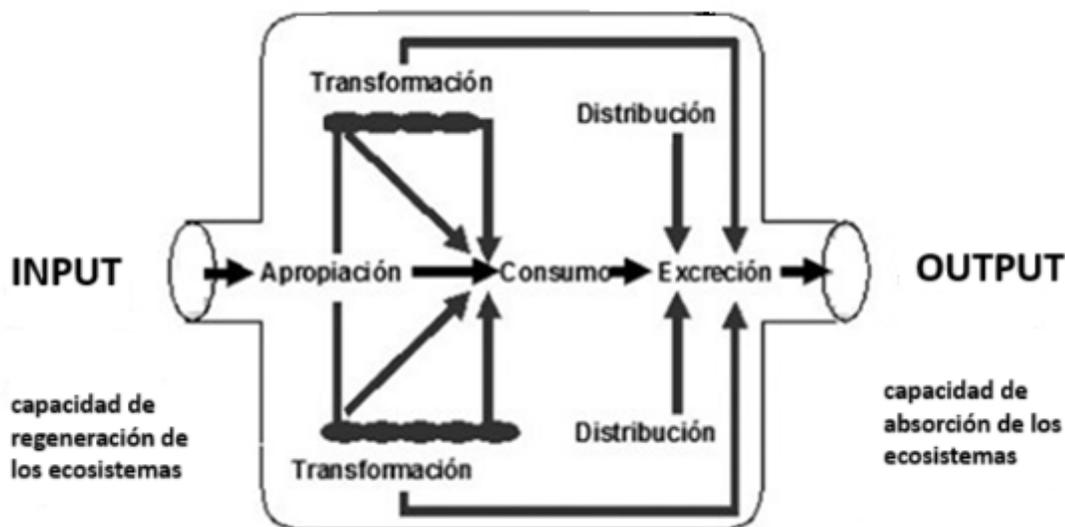
metabolismo social, ya que ofrece un aparato teórico metodológico que permite abordar el nexo entre sociedad y naturaleza como una relación que conlleva un proceso coevolutivo en el que ambas mantienen una interacción estrecha y continua, lo que imposibilita analizar una sin considerar la influencia de la otra. El objetivo de esta participación es explicar los fundamentos en los que se basan los conceptos de metabolismo social y transición sociometabólica, así como mostrar cómo se pueden aplicar para analizar las condiciones intangibles del metabolismo social en una ciudad mexicana; para esto, la exposición se divide en tres partes: en la primera se presentarán las bases conceptuales del metabolismo social, en la segunda se explicará la transición sociometabólica y finalmente se tomará como ejemplo el caso de la ciudad de Puebla durante la segunda mitad del siglo XIX para identificar las características del proceso de transición sociometabólica.

Metabolismo social

Todas las sociedades a lo largo de la historia de la humanidad se han desarrollado a partir de una base material, esto significa que han necesitado los bienes de la naturaleza para garantizar su existencia y su reproducción. En otras palabras, toman de la naturaleza materiales y energía que, dependiendo de la composición de la sociedad, transforman para consumir y que producirán inevitablemente algún tipo de residuo. A este proceso se le ha denominado *metabolismo social* y parte de la noción de que los seres humanos siempre han tenido con la naturaleza relaciones dobles: individuales o biológicas y colectivas o sociales. Esto es, que los individuos obtienen determinadas cantidades de oxígeno, agua y biomasa para sobrevivir y además se organizan en formaciones sociales que les garantizan la obtención de estos recursos; se puede hablar entonces, del *proceso metabólico* constituido por cinco componentes *teórica y prácticamente distinguibles*: apropiación, transformación, distribución, consumo y excreción; a continuación, se explica de qué trata cada uno.

La *apropiación* se refiere a la relación originaria entre la sociedad y la naturaleza, esto es, la manera como la primera obtiene de la segunda los materiales y la energía que requiere para vivir y reproducirse. Se lleva a cabo mediante una unidad de apropiación que puede ser, por ejemplo, un campo de cultivo, una mina o una granja. La transformación incluye todos los procedimientos que se implementan para que los materiales y la energía extraídos puedan ser utilizados por la sociedad, y se relaciona con los procesos productivos. La *distribución* se

origina cuando aparece un excedente que puede ser intercambiado, se relaciona con el intercambio económico y los mercados. El *consumo* se refiere a la forma en la que se satisfacen las necesidades humanas derivadas de las tres primeras categorías y se determina por condiciones sociales, culturales e históricas. Finalmente, la *excreción* incluye todas las formas como se devuelven los materiales y la energía a la naturaleza, en esta categoría participan todos los integrantes de la sociedad y se deben considerar no sólo la cantidad sino también la calidad de los desechos (González de Molina, 2003: 30). Es pues, a partir de estos componentes que se lleva a cabo la relación entre la sociedad y la naturaleza. En la siguiente imagen se puede observar un esquema del metabolismo y sus procesos sociometabólicos:



FUENTE: Toledo, 2013: 48

El concepto *metabolismo social* nos permiten establecer el marco temporal y geográfico del caso a estudiar, pues es posible delimitar diferentes espacios y escalas a tratar, ya sea a nivel de comunidades, pueblos, ciudades, regiones o países. Esto es, propone investigar la forma en la que se desarrollan y articulan los cinco procesos metabólicos en un espacio y una temporalidad determinados. De igual forma, nos posibilita alcanzar la comprensión y el conocimiento de tres aspectos importantes para el análisis de la relación entre la sociedad y los recursos, en primer lugar, sobre los mecanismos que han contribuido a aumentar

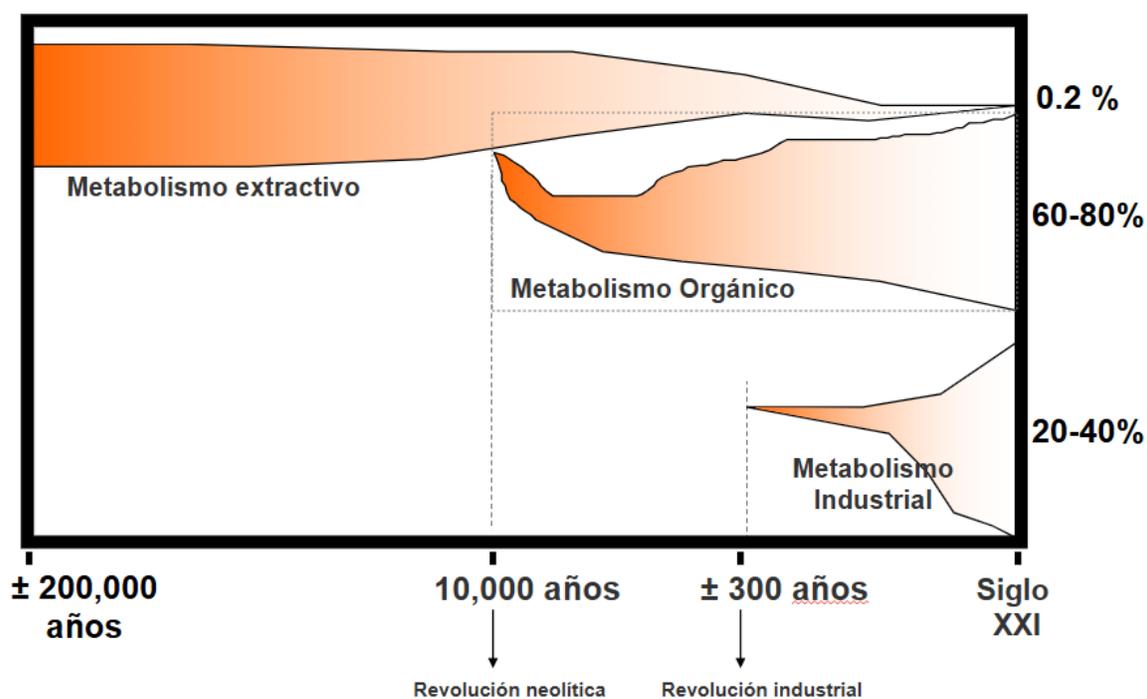
superlativamente los niveles de consumo exosomático;³ en segundo lugar nos ayuda a conocer los procesos que permitieron tal aumento, debido a que por una parte se basa en la contabilidad de los flujos de energía y materiales, y por otra, en las estructuras sociales, políticas y culturales que permiten el funcionamiento de dichos flujos, y, en tercer lugar, nos ofrece la posibilidad de conocer las maneras en las que *cada sociedad se relaciona con la naturaleza* (González de Molina y Toledo, 2011: 330).

En cuanto a sus principales planteamientos, el metabolismo social establece, que han existido a lo largo del tiempo tres regímenes sociometabólicos que se caracterizan por la forma en la que se obtienen los materiales y la energía para la producción de los bienes necesarios para subsistir. Este planteo nos permite tener una comprensión diferente del desarrollo de la humanidad, es decir, una periodización basada en el uso de los bienes naturales ya que, la forma en la que en diversos momentos se han obtenido recursos de la naturaleza para la reproducción social está vinculada con un determinado desarrollo tecnológico al que le corresponde, además, un modelo específico de estructura social. Así, para el metabolismo social, el régimen *extractivo* se observa entre las sociedades de cazadores-recolectores; en él, la apropiación de materia no rebasa a la eliminación de desechos o excreción, la utilización de energía se deriva de la solar (no controlada), mientras que la tecnología se basa en el uso de agua y herramientas de madera y piedra. El segundo se ha denominado *orgánico* y corresponde a las sociedades campesinas o agrarias en las que se despliega un dominio del entorno mayor y se logra adecuar el espacio natural a las necesidades sociales; la utilización energética todavía se encuentra dentro de parámetros sustentables pues se utiliza la energía solar, hídrica o eólica y la tecnología se basa en un complejo de carbón y utensilios de hierro. El tercer tipo se da en la sociedad industrial por lo

³ El proceso metabólico del consumo se da en todas las sociedades a partir de la relación entre la satisfacción de las necesidades de los seres humanos y la forma en la que son satisfechas por la naturaleza; así, podemos hablar de niveles de consumo de energía para la producción y reproducción de las sociedades. Se pueden distinguir dos tipos de consumo, el endosomático, que se refiere a las necesidades biológicas de los seres humanos y el exosomático que es el que se lleva a cabo por todas las actividades que realizamos y los aparatos, máquinas y construcciones creadas para cubrirlas. La relación entre consumo endosomático y exosomático de una sociedad depende de su estructura metabólica, además ayuda a medir la huella ecológica de la sociedad en cuestión. En una sociedad de base agraria el consumo endosomático es mayor que el exosomático, mientras que en una sociedad industrial es al revés (González de Molina y Toledo, 2011: 67 y Martínez Alier y Roca Jusment, 2006: 22-26).

que se ha denominado metabolismo industrial, en este se produce un desequilibrio entre la apropiación y la excreción de materiales, mientras que el uso de combustibles fósiles como principal fuente energética marca un cambio cualitativo en todo el sistema.

En la siguiente imagen se puede observar la duración de los diferentes regímenes sociometabólicos, lo que nos muestra por un parte la convivencia entre los tres modelos extractivos a lo largo de la historia de la humanidad, pero con la preponderancia de alguno de ellos en determinadas etapas y por otra, que durante el surgimiento tanto del metabolismo orgánico como el industrial se da un proceso de transición, mismo que se explicará más adelante.



FUENTE: González de Molina y Toledo, 2011: 321.

El uso del concepto *metabolismo social* se ha aplicado en estudios sobre el desarrollo social o el crecimiento económico de algunos países. Esto, debido a la posibilidad de consultar fuentes de información estadística actualizada, lo que ha permitido que las investigaciones se enfoquen en el análisis de los flujos de materiales y energía (entradas y salidas), para así, cuantificar el metabolismo material y energético a escalas nacionales. La mayoría de las investigaciones ofrecen datos contemporáneos; de hecho, "Hoy existen «perfiles

metabólicos» de una treintena de países, incluyendo los países de la Comunidad Europea, y naciones de Latinoamérica (...) y de Asia”, y se han realizado análisis comparativos entre países" (González de Molina y Toledo, 2011: 63).

Los primeros trabajos sustentados en el concepto de metabolismo social se desarrollaron en 1997 en el Instituto Wuppertal de Viena. Como señalan Beltrán y Vázquez (2011: 3) la propuesta era “estudiar las interdependencias biofísicas del sistema económico” a partir de la cuantificación de los flujos de materia y energía que las sociedades toman de la naturaleza para su reproducción. Cabe subrayar que la mayoría de los trabajos se han enfocado en los flujos de materiales de las economías industriales. En el artículo “Del metabolismo social al metabolismo hídrico” (2011: 9) las autoras lo explican claramente:

[...] desde el punto de vista del balance de materiales, la cuestión era desarrollar una herramienta para contabilizar todas las entradas de recursos al sistema socioeconómico y el stock que señala el crecimiento material de las economías, así como las salidas de este sistema en forma de productos y residuos de nuevo a la biosfera. Así surgió la Contabilidad de Flujos de Materiales (MFA), que se centraba en la cuantificación de flujos, y el Análisis de Flujos de Materiales (SFA), que es el instrumento que aporta un enfoque cualitativo a la contabilidad de flujos para incorporar la diferencia de impacto al medio ambiente dependiendo de los tipos de flujos (Daniels, 2002). La contabilización de materiales surgió como un esfuerzo por consensuar la metodología; así, desde el lado de las entradas, se desarrollaron trabajos basados en los Requerimientos Totales de Materiales (TMR), y desde el lado de las salidas, gracias al indicador Output Interior Total (TDO). [...] el TMR es la suma de las importaciones más los *flujos ocultos* que conllevan dichas importaciones, más la extracción doméstica, incluido los correspondientes flujos ocultos de la misma. A su vez la suma de la extracción doméstica más las importaciones y los flujos ocultos que conllevan, nos da el indicador de entradas materiales directas (DMI). Tras atravesar el proceso económico, el stock se refiere al crecimiento material de esa economía, así como las exportaciones que se realizan. El output interior más los flujos ocultos de esas salidas de materiales es el resultado del TDO.⁴

⁴ A continuación, se explica brevemente cada uno de los conceptos para comprender el estudio de los flujos de materiales: Contabilidad de Flujos de Materiales (MFA). Herramienta utilizada para la

Este enfoque fue una respuesta a los planteamientos de la economía clásica que no toma en cuenta al medio ambiente y a los recursos naturales y que ha tenido una evolución desde las propuestas de Coase y Pigou⁵ de darle un valor crematístico a lo que llaman "capital natural" y que desembocó en el principio de la economía ecológica de analizar el sistema económico a partir de las leyes de la termodinámica para analizar los flujos energéticos y de materiales. Cabe resaltar que esta línea temática surgió como propuesta metodológica de una rama de la economía ecológica para identificar con más precisión la insustentabilidad del modelo económico capitalista; sobre esta discusión se pueden revisar los textos de Nicholas Georgescu-Roegen (1971), *La Ley de la entropía y el proceso económico*, de José Manuel Naredo (1996), *La economía en evolución*; y de Joan Martínez Alier (1995), *Los principios de la economía ecológica*, principalmente.

contabilización de los flujos de materiales para medir el metabolismo físico de la economía. Análisis de Flujos de Materiales (SFA). Metodología para evaluar los flujos físicos de recursos de materiales, desde su extracción hasta su eliminación final, teniendo en cuenta las pérdidas en el camino. Requerimientos Totales de Materiales (TMR): Todos los materiales domésticos e importados (excepto agua y aire) y sus flujos asociados. El total de los recursos primarios necesarios para el funcionamiento de una economía. Output Interior Total (TDO): La suma de todos los flujos de materiales procesados totales; integra los flujos domésticos como las exportaciones. Entradas materiales directas (DMI): El conjunto de materiales utilizados que entran a formar parte del sistema económico (del propio territorio o del exterior), es decir: todos los materiales que tienen valoración monetaria y se utilizan en las actividades de producción y consumo, sean sólidos, líquidos o gaseosos (a excepción del agua y el aire, pero incluyendo lo que está contenido en los productos o sustancias). Los *flujos ocultos* son "los materiales que se extraen en el interior de un territorio pero que no entran a formar parte del sistema económico (no tienen valoración económica). (...) Aquí están los estériles mineros, los residuos de excavación, residuos de biomasa no utilizada en otros fines económicos, etc."; también se les conoce como "mochila ecológica". Oscar Carpintero (2015); s/a "Análisis del flujo de materiales, conceptos y definiciones", s/f.

⁵ En los primeros años del siglo XX, cuando comenzaron a visibilizarse los efectos de la producción industrial sobre el medio ambiente, Arthur Pigou, economista inglés, propuso integrar los costos ambientales en el mercado por medio de impuestos, bajo el argumento de que se reconocería su valor y se podría contabilizar su escasez. Por su parte, Ronald Coase, también economista inglés, sostuvo que lo importante es el derecho de propiedad del recurso que afecta o contamina, lo que llevó a la posición de que el propietario paga. Ambos planteamientos parten de la mercantilización de los recursos naturales; desde la economía ambiental, este proceso se denomina la "internalización de las externalidades", los bonos de carbono son un claro ejemplo de la ineficacia para preservar el medio ambiente de este tipo de políticas. Chang, M. Y. (2005) y Cruz, M. C. D, (2016).

Algunos de los trabajos que se basan en el concepto de metabolismo social están relacionados con diversos aspectos del flujo de materiales, por ejemplo, el de Bringezu, S., Schütz, H. y Moll, S., “Rationale for and Interpretation of Economy-Wide Materials Flow Analysis and Derived Indicators” en donde se mide el flujo de materiales a partir de datos sobre la entrada y consumo directo de los mismos con la finalidad de medir su uso en la producción o el consumo. A partir de cifras actuales también han proporcionado información sobre la presión ambiental que ejerce la sociedad, por lo que se han utilizado para medir la sustentabilidad. También se ha aplicado el análisis de flujo de materiales (FMA) en la gestión de residuos, tal es el caso del estudio de Allesch, A. y Brunner, P. H., “Material Flow Analysis as a Decision Support Tool for Waste Management: A Literature Review” en el que se estudian los aspectos cualitativos de los recursos utilizados en la transformación, el transporte y el almacenamiento de sustancias valiosas y peligrosas pues constituyen la base para identificar tanto los potenciales de recursos como los riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

Por otra parte, se han realizado cuantificaciones de la Producción Primaria Neta (PPN) para determinar el sistema energético y medir la sustentabilidad de los mismos; por ejemplo en el trabajo de Haberl, “The Energetic Metabolism of Societies: Part II: Empirical Examples”, el autor analiza la PPN de las sociedades de cazadores recolectores; de una población contemporánea del Sudeste Asiático que basa su producción en el metabolismo de base agraria, y de una población contemporánea industrializada. Mientras que Haberl, Erb, Kraussman, et. al., en "Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems", hacen un detallado análisis de la apropiación de la producción primaria neta en los ecosistemas a nivel global, y utilizan variables relacionadas con los tipos de vegetación, la vocación del suelo y su degradación por el impacto de las actividades humanas con datos proporcionados por sistemas de información geográfica y estadísticas de la FAO.

Así mismo, para determinar la huella ecológica de las economías industriales también se ha utilizado el análisis del flujo de materiales, como en el trabajo de G. Billen, S. Barles y otros, "The Food-Print of Paris: Long Term Reconstruction on the Nitrogen Flows Imported into the City from its Rural Hinterland", en el que se analiza la capacidad del territorio parisino para satisfacer la demanda de productos alimenticios que contengan nitrógeno de

origen local o distante para proporcionar alimentos a la creciente población de esa ciudad.⁶ Para España es importante mencionar los trabajos en los que se estudian los flujos de materiales, como el caso de Carpintero, "Los requerimientos totales de materiales en la economía española"; de Iñobe, "Necesidad total de materiales del País Vasco", de Arto Iñaki, "El metabolismo social del país vasco desde el análisis del flujo de materiales", de Pablo Campo Palacín y José Manuel Naredo, "Los balances energéticos de la agricultura española", y de Juan Infante-Amate, *et. al.*, "The Spanish Transition to Industrial Metabolism...", principalmente.

En América Latina también se han realizado investigaciones que cuantifican materiales y energía. M. Folchi y M. Rubio hicieron una estimación del consumo aparente de carbón y petróleo hacia 1925 a partir de los datos de las estadísticas oficiales de comercio exterior de 15 países latinoamericanos; utilizaron el uso de energía como indicador del grado de modernización en la investigación denominada: "El consumo aparente de energía fósil en los países latinoamericanos hacia 1925: una propuesta metodológica a partir de las estadísticas de comercio exterior". Mientras que Martínez Alier ha relacionado el flujo de materiales con los conflictos ambientales,⁷ por ejemplo en el trabajo en el que colabora con M. Walter, J. Brun, y otros, "Análisis de flujo de materiales de la economía Argentina (1970-2009). Tendencias y conflictos extractivos" se relacionan los flujos directos de exportación, importación y extracción de materiales, sin tomar en cuenta el agua y el aire, y los relacionan con la conflictividad socioambiental; mientras que D. Russi, A. González Martínez y otros, en "Material Flows in Latin America. A Comparative Analysis of Chile, Ecuador, México and Perú, 1980-2000" hacen un interesante estudio comparativo.

Es necesario resaltar que el metabolismo industrial se ha constituido como un vigoroso tema de investigación dentro del área de la ecología industrial. El grupo de estudiosos del Wupertal Institute de Alemania y del Instituto de Investigación

⁶ *Huella ecológica* es el término que hace referencia al impacto de un individuo, ciudad o país sobre la tierra para satisfacer lo que consume y para absorber sus residuos. La cantidad de nitrógeno en los alimentos es una de las variables utilizada para medir la huella ecológica en el flujo de materiales de algunos países. Roger Martínez Castillo, (2008).

⁷ Sobre el tema de *conflictos ambientales* el trabajo de M. Walter (2009), "Conflictos ambientales, socioambientales, ecológico distributivos, de contenido ambiental... Reflexionando sobre enfoques y definiciones", presenta una minuciosa categorización de estos y explica las diferentes definiciones y los enfoques que se han desarrollado sobre ellos.

Interdisciplinaria de Austria representan la vanguardia de esta línea de estudio. Entre ellos, los que se destacan son los trabajos de R. Ayres y A. V. Kneese (1969), “Production, consumption and externalities”; de R. Ayres y Simonis (1994), *Industrial metabolism: restructuring for sustainable development*; de Erkman (2002), *Perspectives on Industrial Ecology*, Estados Unidos, Greenleaf Publishing, y de M. Fischer-Kowalski y su equipo, principalmente. Así, R. Ayres define el metabolismo industrial como “el conjunto de transformaciones que convierten las materias primas (biomasa, combustibles, minerales, metales) en productos manufacturados y estructuras (es decir “bienes”) y sus desechos”. Explica además que, dentro de la economía, el conjunto de estos procesos se llama “producción” y en la transformación de bienes económicos también está implícito el término económico “consumo”; el metabolismo industrial comprende entonces, todas las transformaciones de materiales y de energía que permiten que el sistema funcione para producir y consumir (Ayres, R. et.al., 1994). Hasta aquí se han mencionado tanto los elementos principales del concepto como algunas líneas y trabajos de investigación basados en el metabolismo social; pasaremos ahora a revisar el proceso que ocurre cuando un régimen sociometabólico se transforma en otro.

Transición sociometabólica

El cambio de un modelo metabólico a otro se ha denominado *transición sociometabólica* o *socioecológica*. Las transiciones se llevan a cabo paulatinamente, es decir no se sustituye un régimen por otro de manera inmediata, sino que paulatinamente se van implementando medidas y condiciones que impactan a diferentes niveles de escala cada uno de los componentes del metabolismo social. Es por esto por lo que se puede hablar de la *transición sociometabólica*.

Un primer componente de este concepto, aunque muy general, se puede establecer en términos temporales y consiste en formar un modelo de una secuencia de estados; esta secuencia se presenta por medio de una primera fase de pre-desarrollo en la que se presenta un estado en equilibrio pero que comienza a transformarse desde su base, y cuyas variaciones todavía no son perceptibles; posteriormente la fase de “despegue”, cuando se comienzan a evidenciar algunos cambios tanto en los flujos de materiales y energía como en otras

estructuras de la sociedad; la fase de aceleramiento, cuando estos ya son visibles y la fase de estabilización cuando se ha logrado un nuevo estado de equilibrio.

El segundo componente se refiere a la interacción entre múltiples escalas o niveles. De acuerdo con el enfoque vienes la clave de la transición está en el sistema energético de la sociedad a estudiar, el cual puede experimentar cambios a diferentes niveles de escala. Dependerá de los motivos y de la velocidad de una transición energética determinada que puedan coexistir diferentes regímenes energéticos, mientras que las tensiones que surjan de esto pueden impactar la propia transición; este enfoque supone que la transición no se inicia en un solo lugar sino en diferentes y en diversos ámbitos. El tercer componente se refiere a los patrones por los cuales una transición puede ocurrir por lo que se han realizado investigaciones sobre transición en casos históricos y contemporáneos con el fin de identificar las principales variables, tales como el crecimiento y la densidad de población, los recursos y la disponibilidad de tierra, las variaciones climáticas o las relaciones comerciales (Fischer-Kowalski, M., & Rotmans, J., 2009: 3).

El fundamento más importante sobre el que sostiene el análisis del metabolismo de transición es en el conocimiento de los flujos de energía y de materiales. El primero se refiere a la generación de energía para las actividades socioeconómicas. Puede obtenerse de energía química por materiales (de biomasa o combustibles fósiles); solar o geotérmica, que no involucran directamente a la materia (solar, hídrica, eólica) o nuclear. El segundo puede ser medido en términos de la materia que se extrae del medio natural e ingresa al sistema socioeconómico por unidad y tiempo (kilos por año). Estos materiales son transformados dentro del sistema económico por los miembros de la sociedad y se regresan de algún modo al medio ambiente (Fischer-Kowalski, M., & Haberl, H., 1997). Un ejemplo sobre el análisis del flujo de energía se presenta en el trabajo de E. A. Wrigley (2016), *The Path to Sustained Growth. England's Transition from an Organic Economy to an Industrial Revolution*, donde se describe “la transformación en la capacidad de producir bienes y servicios que tuvo lugar en Inglaterra durante un período de tres siglos entre los reinados de Isabel I y Victoria, al que se denomina convencionalmente la revolución industrial” y que se enfoca en parámetros energéticos.

A continuación, se explicarán los elementos que forman parte del cambio de régimen metabólico agrario a industrial, el cual se desencadenó debido a varios factores que confluyeron en Europa Occidental hace poco más de 200 años, pero que se expandió hasta llegar a lo que hoy se denomina globalización. El incremento de la población, ocasionado por la aplicación de medidas higienistas que permitieron paliar las epidemias características de siglos anteriores, aumentó las necesidades de alimentos, y de más combustibles para los hogares. Al mismo tiempo, se presentaron renovaciones tecnológicas que se aplicaron en la metalurgia y en las manufacturas, las cuales involucraban un mayor uso de energéticos que sobrepasaban la demanda del carbón vegetal. Esto creó una fuerte oposición entre la población y los recursos, pues la extracción de combustibles implicaba reducir el tamaño de las tierras de cultivo, que producían alimentos.

La introducción de energía fósil (carbón mineral, coque y más tarde petróleo y gas) fue la solución para resolver las necesidades de las industrias en crecimiento y de los hogares. El nuevo tipo de producción industrial requería a su vez, mayor número de mano de obra, nuevos mercados para una gran cantidad de productos y por supuesto, vías de comunicación y medios de transporte más eficientes; lo que nos lleva a una modificación en los sistemas políticos y económicos para facilitar todo el proceso.

Por ello la aparición de los Estados modernos de corte liberal, que identificaron el “progreso” con el bienestar material “y éste, a su vez, con el interés individual”, fue imprescindible debido principalmente a su interés en la diversificación de los mercados, en los que no solamente se intercambiaban productos, sino sobre todo se constituyeron como *vehículos que transmitieron* requerimientos y presiones procedentes de otros territorios, así se conformaron mercados locales, regionales, nacionales y más tarde internacionales. La distribución de los mercados provocó a su vez que determinadas regiones se conformaran como consumidoras de biomasa y energía de otras regiones que las exportaban. Efectivamente, como lo explican González de Molina y Toledo, la explotación de la naturaleza como la vemos hoy día se produjo por el deseo de incrementar el beneficio que se logró obtener de ella "por encima de los límites físicos del tiempo de reproducción de la fuerza de trabajo humana" (González de Molina y Toledo, 2011: 238). Lo que finalmente provocó el cambio de régimen sociometabólico, íntimamente relacionado con la

implantación del capitalismo y los procesos de acumulación del capital, y al mismo tiempo una gran desigualdad en la apropiación y el uso de los recursos.

Para nosotros el punto central que se puede recapitular de estos estudios es ¿qué factores influyeron para los cambios en la naturaleza y volumen de los flujos en las diferentes fases de la transición sociometabólica a una sociedad industrializada y cuál fue el papel de las reglas que los rigen y de las ciudades en ello? A partir del estudio de la ciudad de Puebla, y su vinculación con el mercado nacional y externo, se pretende introducir una discusión sobre esta problemática.

Por lo general los estudios de historia ambiental que hemos señalado se han caracterizado por ser de larga duración y por analizar datos de una era estadística ya consolidada. Por el contrario, en nuestro caso intentaremos analizar en una etapa protoestadística los cambios socioculturales e institucionales, de orden cualitativo, que en un periodo corto sentaron las bases para el crecimiento de una sociedad al menos parcialmente industrializada.

Para ello nos basamos en aplicar estos conceptos en los estudios de la historia urbana ambiental. Las ciudades se circunscriben a un territorio determinado que funciona como marco natural para establecer los flujos de energía y materiales, incluso desde ciertas perspectivas sólo se le analiza como un espacio consumidor de éstos, cuyos desechos sobrepasan la capacidad de las sociedades de tratarlos, eliminarlos o almacenarlos. El crecimiento desmedido de los espacios urbanos y de su población ha llamado la atención de los estudiosos, quienes desde diferentes aproximaciones han abordado esta temática. Así, encontramos investigaciones relacionadas con los procesos de urbanización y su impacto en el entorno natural; sobre los riesgos ambientales que se presentan en las urbes o sobre el surgimiento e impacto de las industrias que se han establecido en ellas.⁸

⁸ La historiografía urbana ambiental es muy amplia, sólo mencionaremos algunas investigaciones como los trabajos de Rosen Meisner y Joel A. Tarr, "The importance of an Urban Perspective..."; Jan de Vries, *La urbanización europea*; Craig Colten, "Reintroducing Nature to the city"; Grimm Nancy, Morgan Grove, Steward T. A. Picket y Charles Redman, "Integrated Approaches to Long-term Studies of Urban Ecological Systems"; Tan Yigitcanlar, Ana Cristina Fachinelli, Ashantha Goonetilleke, y Lee Shinyi, "Sustainability and urban settlements: urban metabolism as a framework for achieving sustainable development"; Antonio Parejo, "De la región a la ciudad. Hacia un nuevo enfoque de la Historia industrial española contemporánea". Desde la antropología y la historia hay trabajos orientados a la combinación entre el impacto de los asentamientos humanos y el medio

Analizar a la ciudad a partir del marco conceptual del metabolismo social y concretamente de la transición sociometabólica nos permite tener un enfoque diferente que facilita la comprensión sobre la manera en la que han crecido nuestras ciudades y su vinculación con los procesos sociometabólicos.

La propuesta de análisis que aquí se expone parte de la noción de que dentro del espacio urbano se presentan los cinco procesos metabólicos: apropiación, distribución, transformación, consumo y excreción, por lo que es posible hablar de metabolismo urbano. La ciudad no sólo se apropia de materiales y energía, sino que además se convierte en un territorio de control de la distribución de dichos flujos que incorpora además a las personas. Conectada por caminos, establece puntos de control para acceder a ella, pero también regula -o al menos lo intenta- cada uno de los procesos metabólicos antes mencionados por medio de diversas acciones, como reglamentos, leyes o impuestos, principalmente.

Las investigaciones de Rosalva Loreto sobre la historia ambiental de la ciudad de Puebla entre los siglos XVI al XIX han permitido caracterizar a la ciudad como un agroecosistema urbano articulado a varios ecosistemas de corta, media y larga distancia articulado por un sistema de flujos hídricos que, en conjunto, posibilitaron su abasto.⁹ Conectada a los principales centros comerciales y a los valles agrícolas por caminos que no excedían dos días de recorrido a lomo de mula, la ciudad de Puebla logró el abastecimiento

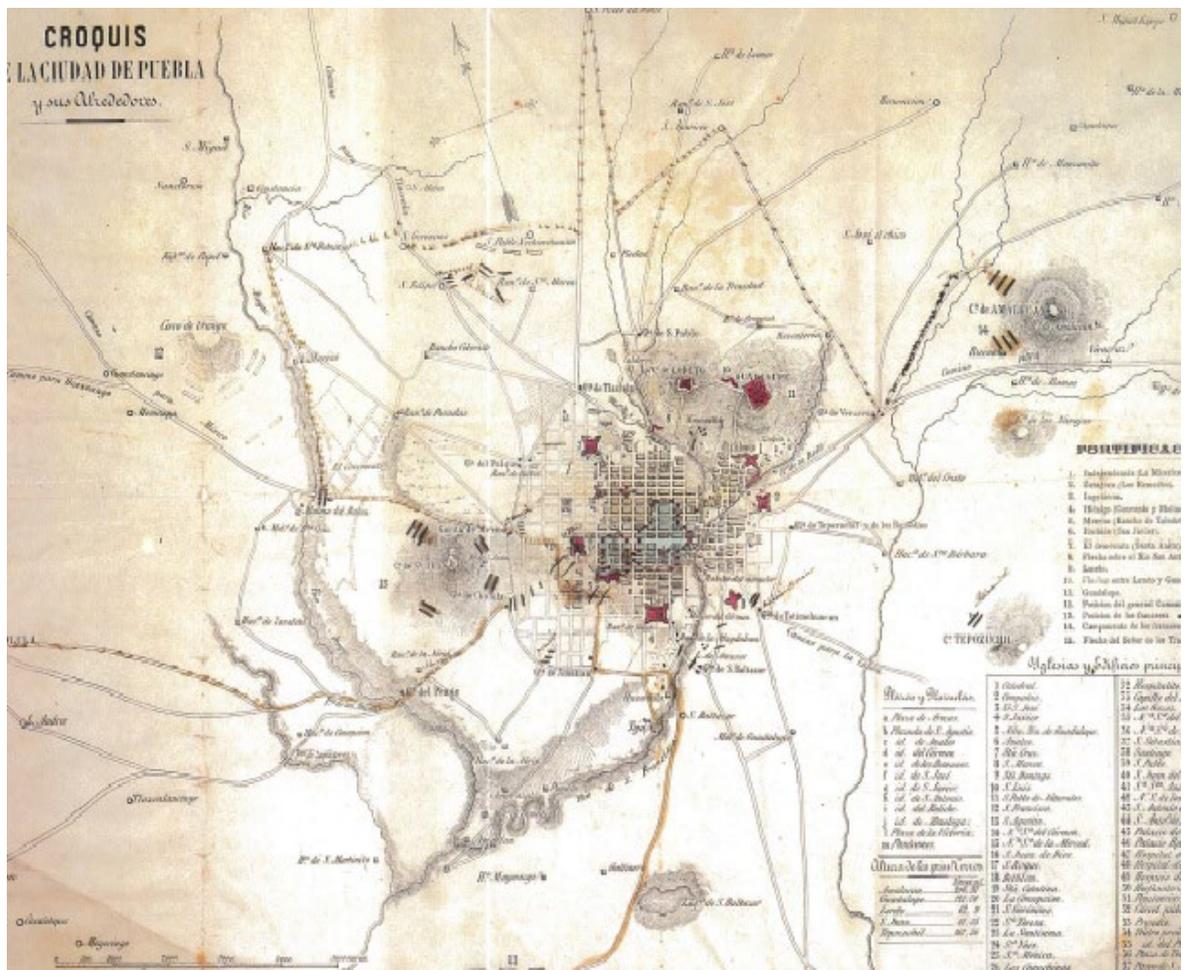
ambiente natural a partir de la conceptualización del riesgo, por ejemplo: Jean Claude Lavigne, “Au fil du Risque”; Mary Douglas *Risk and Blame*; M. Augusta Fernández, *Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres*; Rosalva Loreto, “La ciudad, territorio del miedo”; Virginia García Acosta, “Conceptualization and Experiences in Mexican Disaster Research”; Eni de Mesquita Samara, “Morara e viver no nordeste do Brasil”. En América Latina surgieron grupos y seminarios de estudios ambientales urbanos que abordan diversas temáticas; podemos mencionar en Colombia, los de Ángel A. Maya y Luz S. Velásquez Barrero, “El medio ambiente urbano”; de Jair Preciado, Robert O. Leal Pulido y Cecilia Almanza, *Historia Ambiental de Bogotá, S. XX. Elementos históricos para la formulación del medio ambiente urbano*; en Brasil, Ruben George Oliven, *Metabolismo social da cidade e outros ensaios*; en Argentina: Verónica Paiva, “Medio ambiente urbano: Una mirada desde la historia de las ideas científicas y las profesiones de la ciudad de Buenos Aires”. En México, de María de la Luz Ayala y Edith Jiménez Huerta, “Ciudad y periferias. Guadalajara, 1542-2004”; principalmente.

⁹ Rosalva Loreto, *Una vista de ojos a una ciudad novohispana. La Puebla de los Ángeles del siglo XVIII*; “Agua, acequias, heridos y molinos. Un ejemplo de dinámica ambiental urbana. Puebla de los Ángeles, siglos XVI-XIX”, “Integración del ecosistema agrourbano de una ciudad novohispana. Aproximaciones metodológicas”; “La ciudad y sus proximidades de abasto agroalimentario. Puebla siglos XVI-XIX”, principalmente.

e intercambio de una gran variedad de productos. Ecosistemas cercanos la abastecían de tierras para pastoreo, canteras de piedra y cal o tierra buena para diferentes tipos de cerámica. Poblaciones como Amozoc, Tepeaca, Acatzingo, Quechula, Cholula, Huejotzingo y San Martín Texmelucan, entre otras, formaban parte del soporte agroalimentario y de materias primas de la ciudad de Puebla, lo que le permitió no solo mantener una vigorosa actividad económica sino además sostener una población que no sobrepasaba las 70 mil personas.

En el Mapa 1 se puede apreciar el territorio de este agroecosistema urbano y los poblados con los que estaba conectado. Su transformación a un modelo industrial se llevó a cabo a lo largo del siglo XIX.

Mapa 1



FUENTE: F. Vélez y A. Guzmán. Cartografía Histórica de Puebla

En cuanto a las características del espacio físico de la ciudad de Puebla sabemos que fue cuidadosamente escogido como parte de en donde se puso especial atención en las condiciones geográficas, climáticas, poblacionales para construir una ciudad con parámetros renacentistas, habitado principalmente por población española dedicada a la agricultura y la manufactura tradicional, que no requiriera la utilización de la encomienda (Cuenya y Contreras, 2007: 9-31). Como parte del modelo metabólico orgánico, dentro de los límites de la ciudad se cultivó maíz, hortalizas, algunas frutas; también se contaba con combustibles procedentes de la Malinche. Y de sus alrededores se obtenía trigo, maíz, alfalfa, verduras, frutas, flores, productos lácteos y maguey; también la cría de ganado porcino, vacuno y caprino.

Dentro de la ciudad, R. Loreto identificó tres zonas con variados niveles de autosuficiencia condicionados por sus características físicas y que muestran diferencias asociadas con la asignación estamental y social de los recursos energéticos internos de la ciudad en el modelo metabólico agrario. La zona 1 situada al oriente de la ciudad (parroquias de la Santa Cruz y Analco) Se caracteriza porque el río San Francisco articuló la mayoría de las actividades según las características de su cauce; al mismo tiempo, el tipo de suelo permitió actividades relacionadas con la producción de cerámica. Por otra parte, era la conexión con el camino a Veracruz, a Totimehuacán y a San Baltazar. Sus funciones en términos ambientales fueron como generadora de energía hidráulica y como soporte hídrico de desechos urbanos. La zona 2, ubicada en el centro de la ciudad se integró con las parroquias de El Sagrario y San José. Se abastecía de agua gracias a la red artificial de abasto hidrológico proveniente de la Cieneguilla, mientras que el tipo de suelo son los llamados travertino y aluvión. Por medio de esta zona se podía llegar a San Pablo del Monte, región de donde se podía obtener leña. Al poniente de la ciudad se estableció la zona 3. A ésta pertenecían las parroquias de San Marcos y San Sebastián. Fue la principal zona de soporte nutricional —, debido por una parte al uso del río Atoyac para el funcionamiento de varios molinos que se instalaron en su rivera y por otra por la gran cantidad de tierras de cultivo que en ella se encontraban. A pesar de que contaba con un buen número de ojos de agua, la calidad del líquido no permitía que se pudiera aprovechar para el consumo humano y animal. Por otro lado, se conectaba con los caminos a Tlaxcala, San Felipe Hueyotlipán, Cholula, Atlixco y México (Loreto, 2008: 745-765).

Ahora bien, los elementos que identificamos como parte del andamiaje de la transición sociometabólica en la ciudad de Puebla, durante la segunda mitad del siglo XIX se relacionan con modificaciones en los procesos de producción. El proceso productivo se desarrollaba de forma artesanal con herramientas de uso manual movidas principalmente por energía humana o animal, sólo para algunos productos (como la harina) se utilizaba la energía hidráulica. Además, las labores se desarrollaban en talleres integrados al espacio doméstico en los que la mayor parte de los artesanos eran miembros de la familia o cercanos a ella. En cuanto a las materias primas, como ya se señaló, se obtenían de regiones cercanas, y debido a las dificultades para el transporte, que implicaba también su conservación en óptimas condiciones, no existían una gran variedad de ellas.

En términos metabólicos este tipo de producción se mantuvo funcionando de esta manera hasta las primeras décadas del siglo XIX, hasta que la modificación en la producción de la industria textil cambió el panorama. La introducción de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico en el blanqueo de las telas de algodón, así como la implementación de tecnología que mecanizó ciertas partes del proceso productivo modificaron drásticamente todo el modelo sociometabólico, impactando de manera directa y evidente la calidad de los residuos que comenzó a generar esta industria. Además, con la Introducción de nuevas fuentes de energía se complejizó el proceso ya que coexistieron fábricas con “movimiento de sangre” con fábricas que empelaban energía hidráulica y otras que utilizaban carbón mineral o coque.

Otro elemento fundamental fue la Redistribución del capital financiero e inmobiliario impulsadas por la desamortización de los bienes eclesiásticos, lo que permitió la aparición de nuevos negocios y negociantes, que establecieron otra manera de invertir su capital y, por otra parte, aparecieron también inversiones con capital extranjero. A su vez, la Reorganización de los circuitos comerciales, el Crecimiento y recuperación de la población hicieron imprescindibles aplicar Modificaciones en el régimen de comercio, de propiedad y en el sistema impositivo.

De igual forma, las reglamentaciones para el trabajo que implicaban modificar los espacios de producción, como lo podemos constatar con la aparición de barrios obreros o casas construidas específicamente cerca o dentro de las fábricas, como el caso de La Constancia y la Implementación de reformas urbanas con nuevas concepciones en la higiene y el bienestar social también se han identificado como parte de la dimensión intangible del

proceso de transición sociometabólica; así como la instalación infraestructura urbana como la construcción de la red de agua potable en 1855 por Ignacio Guerrero y Manzano.

REFLEXIÓN FINAL

La propuesta teórico metodológica del metabolismo social y particularmente de la transición sociometabólica nos permite realzar una lectura de las ciudades desde un enfoque ambiental, de manera que podemos caracterizarlas como ecosistemas urbanos, ya que de la ciudad de Puebla durante ese periodo con los siguientes elementos: 1. Una territorialidad que abarcaba más allá de la planta urbana; y que requería un soporte agroganadero vinculado a ecosistemas que contenían unidades de apropiación a una distancia no mayor a 90 km de la ciudad. En cada una de las zonas que brindó soporte a la ciudad se llevaban a cabo los procesos de transformación, distribución, consumo y excreción 2. Dentro de la trama urbana, con la apropiación diferenciada del espacio a partir de las características geofísicas del mismo, se construye una socioterritorialidad en la que también se identifican los cinco procesos metabólicos Y 3. El funcionamiento de todo el sistema sociometabólico estaba regulado por normas y disposiciones emanadas de las instituciones tanto coloniales como postindependentistas. Por lo que cuando se introducen nuevos elementos en este sistema, se comenzó la etapa de transición, la cual requirió necesariamente hacer un ajuste en el aparato institucional para permitir la operatividad del modelo metabólico industrial.

Las transformaciones de los modelos productivos son procesos de larga duración en los que participan diversos actores e involucran aspectos de índole variada. Se han estudiado a partir de una visión económica; pero desde el enfoque del metabolismo social podemos comprender el desarrollo de la ciudad a partir de su relación con su entorno natural y reconocer el largo proceso que ha transformado el territorio urbano hasta convertirlo en lo que conocemos hoy en día.

BIBLIOGRAFÍA

Ayres, R. y A. V. Kneese (1969). "Production, consumption and externalities" en: American Economic Review, 59.

Beltrán, M. J. y E. Vázquez (2011). "Del metabolismo social al metabolismo hídrico", Asociación de Economía Ecológica en España, Documento de Trabajo No.01. Consultado en: http://econpapers.repec.org/paper/resdtecoe/01_5f2011.pdf.htm

Carpintero, O. (2015). El metabolismo de la economía española: un análisis a largo plazo. El metabolismo económico regional español, Madrid: FUHEM Ecosocial, 25-74.

Chang, M. Y. (2005). La economía ambiental. Sustentabilidad, 165-178.

Cruz, M. C. D. (2016). Bonos de carbono: un instrumento en el sistema financiero internacional. Libre Empresa, 13(1), 11-33.

Cuenya, M. A. y C. Contreras (2007). Puebla de los Ángeles. Historia de una ciudad Novohispana. Aspectos sociales, económicos y demográficos. México. BUAP/Gobierno del Estado de Puebla.

Delgado Ramos, G. C. (2015). Coproducción de conocimiento, fractura metabólica y transiciones hacia territorialidades socio-ecológicas justas y resilientes. Polis. Revista Latinoamericana, (41).

Fischer-Kowalski, M., & Haberl, H. (1997). Tons, joules, and money: Modes of production and their sustainability problems. Society & Natural Resources, 10(1), 61-85.

Fischer-Kowalski, M., & Rotmans, J. (2009). Conceptualizar, observar e influir en las transiciones socioecológicas. Ecología y sociedad, 14(2).

González de Molina, M. (2003). "La historia ambiental y el fin de la 'utopía metafísica' de la modernidad", AULA, Historia Social No. 12. pp. 18-42.

González de Molina, M. y V. Toledo (2011). Metabolismos, naturaleza e historia. Hacia una teoría de las transformaciones socioecológicas, Barcelona, Icaria Editorial.

Loreto López R. (2008). "El microanálisis ambiental de una ciudad novohispana. Puebla de los Ángeles, 1777-1835" en: Historia Mexicana, vol. LVII, núm. 3, enero-marzo, pp. 721-774.

Martínez Alier, J. y J. Roca Jusmet (2006). Economía ecológica y política ambiental, México, FCE.

Martínez Castillo, Roger, "Educación y huella ecológica", Actualidades investigativas en educación, Revista electrónica, vol. 8, núm. 1, enero-abril, [2008]t

Munford Lewis (1992) Técnica y civilización. Alianza Editorial

Roger Martínez Castillo, "Educación y huella ecológica", Actualidades investigativas en educación, Revista electrónica, vol. 8, núm. 1, enero-abril, 2008, pp. 1-28. Consultado el 02-02-2017 en: www.redalyc.org/pdf/447/4478013.pdf.

s/a "Análisis del flujo de materiales, conceptos y definiciones", s/f. Consultado en: <https://studylib.es/doc/5218067/an%C3%A1lisis-de-flujo-de-materiales--conceptos-y-definiciones>

Toledo, V. M. (2013). El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica. Relaciones. Estudios de historia y sociedad, 34(136), 41-71.

Vélez Pliego, F. y A, Guzmán, Cartografía Histórica de la ciudad de Puebla, México, Angelopolis/Gobierno Participativo 1993-1999/Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades "Alfonso Vélez Pliego"-BUAP

Walter, M. (2009). "Conflictos ambientales, socioambientales, ecológico distributivos, de contenido ambiental... reflexionando sobre enfoques y definiciones", Boletín ECOS, Centro de Investigación para la Paz, CIP-Ecosocial, 6, 2-9.

Wrigley, E. A. (2016). The path to sustained growth: England's transition from an organic economy to an industrial revolution. Cambridge University Press.