

Diagrama Metaflow.

Metaflow Diagram.

© Sam Ebelier, *Urban Metabolism: A Real World Model for Visualizing and Co-Creating Healthy Cities*.

Redibujado por/ Redrawn by: Gonzalo Carrasco.

# STOCK OUT: EL METABOLISMO DE LAS CIUDADES Y LOS LÍMITES DEL CONSUMO SOSTENIBLE

## STOCK OUT: THE METABOLISM OF CITIES AND THE LIMITS OF SUSTAINABLE CONSUMPTION

### GONZALO CARRASCO PURULL

Universidad Finis Terrae  
Santiago, Chile

[gonzalo.carrasco@uft.cl](mailto:gonzalo.carrasco@uft.cl)

<https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-4498-3013>

**RESUMEN** Este artículo analiza cómo el concepto de metabolismo urbano ha sido fundamental para el desarrollo de discursos sobre el consumo urbano sostenible, explorando cómo las interacciones entre capitalismo y naturaleza generan fracturas metabólicas que convierten a los ecosistemas en simples inventarios de recursos. Además, critica cómo las grandes ciudades expanden su metabolismo a nivel global, explotando ecosistemas en territorios ubicados en los márgenes del desarrollo. Finalmente, propone repensar estos procesos orientándolos hacia la promoción de interacciones multiespecíficas e interdependientes, donde la reparación ecológica sea una parte fundamental de la vida urbana.

**ABSTRACT** This article analyzes how the concept of urban metabolism has been fundamental to the development of discourses on sustainable urban consumption, exploring how the interactions between capitalism and nature generate metabolic fractures that turn ecosystems into simple resource inventories. In addition, it criticizes how large cities expand their metabolism globally, exploiting ecosystems in territories located on the margins of development. Finally, it proposes to rethink these processes by orienting them towards the promotion of multi-species and interdependent interactions, where ecological repair is a fundamental part of urban life.

#### PALABRAS CLAVE

contabilidad ambiental  
consumo sostenible  
metabolismo urbano  
reparación ecológica  
sustentabilidad

#### KEYWORDS

environmental accounting  
sustainable consumption  
urban metabolism  
ecological repairation  
sustainability

→ Un año después del terremoto de Lisboa de 1755, que se sintió desde Marruecos hasta el norte de Europa, Rousseau escribió a Voltaire: “Concede, por ejemplo, que difícilmente fue la naturaleza quien reunió veinte mil casas de seis o siete pisos. Si los residentes de esta gran ciudad hubieran estado más dispersos y alojados menos densamente, las pérdidas habrían sido menores o tal vez ninguna en absoluto” (como se citó en Nancy, 2015, p. 4). Para entonces, como ha observado Jean-Luc Nancy, frente a una catástrofe planetaria, hombres ilustrados como Rousseau todavía podían imaginar una ciudad planificada de manera diferente. Hoy, sin embargo, ante las nuevas catástrofes derivadas del calentamiento global, las respuestas se han enfocado más en incrementar la complejidad tecnológica, social y económica de las ciudades, o en responder de manera reactiva a los problemas y necesidades ya existentes, en interdependencia con sistemas ecológicos, económicos, sociopolíticos, tecnocientíficos y culturales. En este contexto:

*Las cadenas de restricciones existentes (electricidad, gasolina, uranio, todos los minerales raros, etc.) —y su implementación (sus usos civiles y militares, sociales y privados, etc.)— dependen de una interconexión general: la del dinero, por medio del cual todos estos sistemas funcionan (Nancy, 2015, p. 5).*

Este enfoque se ha manifestado en el traslado de la discusión ecológica, al menos desde los acuerdos de Kyoto de 1997, hacia la traducción de los efectos que la implementación de los modos de producción y consumo capitalista ha generado sobre los ecosistemas en términos fundamentalmente monetarios, en lo que se denomina una contabilidad ambiental. Bajo esta lógica, la desaparición de humedales y glaciares, o la extinción de especies, encuentra una equivalencia común bajo el concepto de valor monetario, con la naturaleza inscrita en similares mecanismos de racionalización económica, convirtiendo ecosistemas completos en verdaderos *stocks* de recursos naturales que pueden ser tabulados como datos o existencias a ser consumidas, sin ofrecer alternativas al modelo económico-político que ha dado lugar al Capitaloceno (Moore, 2016). Se ha optado por posiciones como la sustentabilidad, que han intentado infructuosamente postergar lo más posible los efectos del calentamiento global sobre las ciudades mediante la monetización de los consumos urbanos, expresados tanto en huellas y bonos de carbono (Wackernagel & Beyers, 2019) como en la emergencia de nuevos nichos de consumo, tales como las energías verdes y las iniciativas de economía circular. Sin embargo, estas medidas parecen insuficientes frente a un planeta

→ A year after the Lisbon earthquake of 1755, which was felt from Morocco to northern Europe, Rousseau wrote to Voltaire: “Concede, for example, that it was hardly nature who assembled twenty thousand houses of six or seven stories. If the residents of this large city had been more evenly dispersed and housed less densely, the losses would have been fewer or perhaps none at all” (as cited in Nancy, 2015, p. 4). By then, as Jean-Luc Nancy has observed, faced with a planetary catastrophe, enlightened men like Rousseau could still imagine a city planned differently. Today, however, in the face of new catastrophes resulting from global warming, responses have focused more on increasing the technological, social, and economic complexity of cities, or on responding reactively to already existing problems and needs, in interdependence with ecological, economic, socio-political, techno-scientific, and cultural systems. In this context:

*The complexity of interdependent systems (ecological or economic, sociopolitical-ideologic, technoscientific, cultural, logical, etc.)—and the existing chains of constraints (electricity, gasoline, uranium, all the rare minerals, etc.) and their implementation (their civilian and military, social and private uses, etc.)—depend on a general interconnection: that of the money by which all these systems function. (Nancy, 2015, p. 5)*

This approach has manifested itself in the shift of the ecological discussion, at least since the Kyoto Agreements of 1997, towards the translation of the effects that the implementation of capitalist modes of production and consumption has generated on ecosystems in fundamentally monetary terms, in what is called environmental accounting. Under this logic, the disappearance of wetlands and glaciers, or the extinction of species, finds a common equivalence under the concept of monetary value, with nature inscribed in similar mechanisms of economic rationalization, converting entire ecosystems into actual stocks of natural resources that can be tabulated as data or supply to be consumed, without offering alternatives to the economic-political model that has given rise to the Capitalocene (Moore, 2016). Positions such as sustainability have been favored, which have tried unsuccessfully to postpone as much as possible the effects of global warming on cities through the monetization of urban consumption, expressed both in carbon footprints and carbon credits (Wackernagel & Beyers, 2019) as in the emergence of new consumption niches, such as green energies and circular economy initiatives. However,

que hacia fin de siglo podría alcanzar una población de 10.000 millones de habitantes,<sup>1</sup> y ante catástrofes ambientales que parecen superar cualquier promesa de una planificación resiliente.

Este trabajo analiza cómo estas ideas surgieron a partir del concepto de metabolismo, elaborado inicialmente en el siglo XIX a través de las lecturas críticas al capitalismo ofrecidas por Karl Marx. A continuación, se examinan las transformaciones de este concepto hasta llegar al metabolismo urbano propuesto en 1965 por el ingeniero Abel Wolman (1892–1989), quien sentó las bases de uno de los discursos dominantes en los últimos años del siglo XX e inicios del XXI: la sustentabilidad urbana. Finalmente, se discute cómo estas aproximaciones han contribuido a ampliar la fractura entre el ser humano y la naturaleza, advertida por Marx en *El capital*.

## METABOLISMO Y CAPITAL

Antes que un asunto de valores, Karl Marx buscó comprender las relaciones entre los seres humanos y la naturaleza desde la perspectiva de que estos vínculos pueden ser considerados como “relaciones materiales en evolución” o “relaciones metabólicas” (Foster, 2004, pp. 30–31). Con ello, Marx quiso superar posturas anteriores, como el idealismo, que se basaba en la preeminencia del espíritu sobre la materia, y el materialismo mecanicista, que reducía la naturaleza a un sistema de causalidades.

La alternativa propuesta por Marx encontró en la dialéctica hegeliana la base metodológica para describir las relaciones entre los seres humanos y su entorno, aunque distanciándose del idealismo de Hegel. Para Marx, es mediante el trabajo que los seres humanos se vinculan con la naturaleza, modificándola, al tiempo que son transformados por ella. Es decir, la relación entre humanos y la naturaleza se realiza principalmente a través de la producción social. Marx llamó a este tipo de mediación “metabolismo” (*Stoffwechsel*), un término que designa los procesos biológicos de crecimiento y decadencia, introducido en 1815 y adoptado por los fisiólogos alemanes en las décadas de 1830 y 1840 para describir los intercambios materiales que se producen en el cuerpo humano en relación con la respiración. Sin embargo, su uso

these measures seem insufficient confronted with a planet that by the end of the century could reach a population of 10 billion inhabitants,<sup>1</sup> and in the face of environmental catastrophes that seem to exceed any promise of resilient planning.

This paper analyzes how these ideas emerged from the concept of metabolism, initially elaborated in the 19th Century through the critical readings of capitalism offered by Karl Marx. It then examines the transformations of this concept up to the urban metabolism proposed in 1965 by engineer Abel Wolman (1892–1989), who laid the foundations of one of the dominating discourses of the late 20th and early 21st centuries: urban sustainability. Finally, we discuss how these approaches have contributed to widening the fracture between human beings and nature, as warned by Marx in *Capital*.

## METABOLISM AND CAPITAL

Rather than a matter of values, Karl Marx sought to understand the relations between human beings and nature from the perspective that these links can be considered as 'evolving material relations' or 'metabolic relations' (Foster, 2004, pp. 30–31). With this, Marx wanted to overcome previous positions, such as idealism, which was based on the preeminence of spirit over matter, and mechanistic materialism, which reduced nature to a system of causalities.

The alternative proposed by Marx found in Hegelian dialectics the methodological basis for describing the relations between human beings and their environment, although distancing himself from Hegel's idealism. For Marx, it is through work that human beings are linked to nature, modifying it, while at the same time being transformed by it. That is, the relationship between humans and nature is realized primarily through social production. Marx called this type of mediation 'metabolism' (*Stoffwechsel*), a term for the biological processes of growth and decay, introduced in 1815 and adopted by German physiologists in the 1830s and 1840s to describe the material exchanges occurring in the human body in

<sup>1</sup> Si bien no existe un consenso respecto a estas proyecciones, Naciones Unidas señala que hacia mediados de la década del

2080 se podría llegar a 10.400 millones de habitantes (United Nations, s.f.).

<sup>1</sup> Although there is no consensus about these projections, United Nations indicates that towards the

decade of 2080 it could reach 10.4 billion inhabitants (United Nations, n.d.).

se generalizó después de que Justus von Liebig (1803–1873), un científico experto en la química de los suelos agrícolas, publicara en 1842 su *Química animal*. Para Marx:

*El trabajo es, en primer lugar, un proceso entre el hombre y la naturaleza, un proceso en que el hombre media, regula y controla su metabolismo con la naturaleza. El hombre se enfrenta a la materia natural misma como un poder natural. Pone en movimiento las fuerzas naturales que pertenecen a su corporeidad, brazos y piernas, cabeza y manos, a fin de apoderarse de los materiales de la naturaleza bajo una forma útil para su propia vida. Al operar por medio de ese movimiento sobre la naturaleza exterior a él y transformarla, transforma a la vez su propia naturaleza (Marx, 2008, pp. 215–216).*

John Bellamy Foster —en su libro *La ecología de Marx. Materialismo y naturaleza*— ha explicado que Marx adoptó el término “metabolismo” en sus esfuerzos por refutar las ideas de Thomas Malthus y David Ricardo respecto a la renta capitalista del suelo y los efectos de la superpoblación humana. Marx criticó específicamente los errores lógicos e históricos en la descripción de Malthus sobre la reproducción de plantas y animales según una tasa de crecimiento aritmético, mientras los seres humanos lo harían según una progresión geométrica, afirmaciones que no tenían ninguna base explicativa. Para Marx, el crecimiento de plantas y animales estaba regido por controles externos —es decir, históricos y contingentes— más que por límites inmanentes o leyes naturales de la reproducción (Foster, 2004, pp. 222–223).

Según Marx, Ricardo también presentaba una debilidad histórica similar al definir la renta del suelo desde condiciones de productividad naturales, estables y completamente independientes de la acción humana. Para Ricardo, la fertilidad de los suelos era producida por “las potencias originales e indestructibles del suelo”, y la disminución de su productividad era atribuida al cultivo de tierras que, por naturaleza, eran menos fértiles, situación que la presión demográfica obligaba a trabajar (Foster, 2004, p. 225).

Por el contrario, Marx (2008, 2009) utilizó el concepto de metabolismo para comprender la relación entre los seres humanos y su entorno desde las continuas transformaciones que realizan sobre él, desde una perspectiva histórica, incluyendo la última gran transformación en la producción social: el capitalismo y su expresión en la segunda revolución agrícola (1830–1880). Marx se apoyó en las investigaciones de von Liebig, quien expuso cómo la sobreproducción de los suelos, la falta de

connection with respiration. However, its use became widespread after Justus von Liebig (1803–1873), a scientist expert in the chemistry of agricultural soils, published in 1842 his *Animal Chemistry*. For Marx:

*Labour is, in the first place, a process in which both man and Nature participate, and in which man of his own accord starts, regulates, and controls the material re-actions between himself and Nature. He opposes himself to Nature as one of her own forces, setting in motion arms and legs, head and hands, the natural forces of his body, in order to appropriate Nature's productions in a form adapted to his own wants. By thus acting on the external world and changing it, he at the same time changes his own nature. (Marx, 2008, pp. 215–216)*

John Bellamy Foster—in his book *Marx's Ecology. Materialism and Nature*—has explained that Marx adopted the term 'metabolism' in his efforts to refute the ideas of Thomas Malthus and David Ricardo regarding capitalist land rent and the effects of human overpopulation. Marx specifically criticized the logical and historical errors in Malthus' description of the reproduction of plants and animals according to an arithmetical growth rate, while humans would reproduce according to a geometrical progression; claims that had no basis in explanation. For Marx, the growth of plants and animals was governed by external—that is, historical and contingent—controls rather than by immanent limits or natural laws of reproduction (Foster, 2004, pp. 222–223).

According to Marx, Ricardo also presented a similar historical weakness in defining land rent based on conditions of productivity that were natural, stable, and completely independent of human action. For Ricardo, soil fertility was produced by “the original and indestructible powers of the soil,” and the decrease in its productivity was attributed to the cultivation of land which, by nature, was less fertile, a situation that demographic pressure forced to work (Foster, 2004, p. 225).

On the contrary, Marx (2008, 2009) used the concept of metabolism to understand the relationship between human beings and their environment from the continuous transformations they carry out on it, from a historical perspective, including the last great transformation in social production: capitalism and its expression in the second agricultural revolution (1830–1880). Marx relied on the research of von Liebig, who exposed how the overproduction of soils, the lack of their restoration through the use of natural fertilizers,

su restauración mediante el uso de fertilizantes naturales y el crecimiento de las ciudades estaban deteriorando los campos agrícolas y alterando la composición química de los suelos, sin conservar sus medios de reproducción.

Foster señala que para Marx, siguiendo a von Liebig, el empobrecimiento de los suelos era un expolio más del capitalismo sobre la naturaleza, esta vez, no sobre el cuerpo del trabajador, cuya energía vital es convertida en plusvalía, sino sobre una naturaleza cuya relación metabólica es rota, degradándola hasta el punto de requerir su “sistemática restauración”.<sup>2</sup> El desarrollo de la industria capitalista proporcionaba a la agricultura a gran escala los procesos para la explotación intensiva del medio ambiente. Además, la expansión de los mercados a través del comercio a larga distancia generaba una “fractura irreparable” con los elementos constituyentes del suelo. Marx señaló en sus *Grundrisse* (1857–1858) que, bajo el capitalismo, la agricultura no es capaz de “sostenerse a sí misma” y “ya no encuentra las condiciones naturales de su propia producción en sí misma, surgiendo de modo natural, espontáneo y a mano, sino que éstas existen como industria independiente, separadas de ella” (como se citó en Foster, 2004, p. 242).

Así, Marx interpretó toda relación humana con la naturaleza a través de los intercambios materiales que permite el metabolismo: un flujo circular de recursos naturales y económicos, que se expresa en la producción de desechos, suelos empobrecidos y aire y aguas contaminadas, impactando en la reproducción de la miseria de las crecientes poblaciones urbanas sobre

and the growth of cities were deteriorating agricultural fields and altering the chemical composition of soils, without preserving their means of reproduction.

Foster points out that for Marx, following von Liebig, the impoverishment of soils was yet another capitalist plunder of nature, this time, not on the body of the worker, whose vital energy is converted into surplus value, but on a nature whose metabolic relation is broken, degrading it to the point of requiring its 'systematic restoration'.<sup>2</sup> The development of capitalist industry provided large-scale agriculture with the means for intensive exploitation of the environment. Moreover, the expansion of markets through long-distance trade generated an 'irreparable fracture' with the constituent elements of the soil. In his *Grundrisse* (1857–1858), Marx pointed out that under capitalism, agriculture is incapable of “sustaining itself,” and “no longer finds the natural conditions of its own production in itself, arising naturally, spontaneously and by hand, but these exist as an independent industry, separate from it” (as quoted in Foster, 2004, p. 242).

Thus, Marx interpreted every human relationship with nature through the material exchanges that metabolism allows: a circular flow of natural and economic resources, which is expressed in the production of waste, impoverished soils, and polluted air and water, impacting the reproduction of the misery of growing urban populations on a nature

<sup>2</sup> “El latifundio reduce la población agraria a un mínimo siempre decreciente y la sitúa frente a una creciente población industrial hacinada en grandes ciudades. De este modo da origen a unas condiciones que provocan una fractura irreparable en el proceso interdependiente del metabolismo social, metabolismo que prescriben las leyes naturales de la vida misma. El resultado de esto es un desperdicio de la vitalidad del suelo, que el comercio lleva mucho más allá de los límites de un solo país. (Liebig)... La industria a gran escala y la agricultura a gran escala explotada industrialmente

tienen el mismo efecto. Si originalmente pueden distinguirse por el hecho de que la primera deposita desechos y arruina la fuerza de trabajo, y por lo tanto la fuerza natural del hombre, mientras que la segunda hace lo mismo con la fuerza natural del suelo, en el posterior curso del desarrollo se combinan, porque el sistema industrial aplicado a la agricultura también debilita a los trabajadores del campo, mientras que la industria y el comercio, por su parte, proporcionan a la agricultura los medios para agotar el suelo” (Marx, *El capital*, t. 3, p. 949–950, como se citó en Foster, 2004, pp. 240–241).

<sup>2</sup> “The large landed estates reduce the agrarian population to an ever decreasing minimum and places it in front of a growing industrial population crammed into large cities. It thus gives rise to conditions that cause an irreparable fracture in the interdependent process of social metabolism, a metabolism prescribed by the natural laws of life itself. The result of this is a waste of the vitality of the soil, which trade carries far beyond the boundaries of a single country. (Liebig)... Large-scale industry and large-scale industrially

exploited agriculture have the same effect. If originally they can be distinguished by the fact that the first one creates deposits of waste and ruins labor power, and thus the natural strength of man, while the latter does the same to the natural strength of the soil, in the subsequent course of development they are combined, because the industrial system applied to agriculture also weakens the workers in the field, while industry and commerce, on their part, provide agriculture with the means to deplete the soil” (Marx, *El capital*, t. 3, p. 949–950, as quoted in Foster, 2004, pp. 240–241).

una naturaleza que ha perdido sus capacidades de regeneración. Bajo el régimen capitalista, este intercambio material se convierte en una expresión alienada de meros intercambios formales de equivalentes económicos,<sup>3</sup> donde, ante la falta de un recurso natural debido a su sobreexplotación o ante los excedentes de desechos industriales, siempre existirá la posibilidad de reemplazarlo mediante la explotación de otros ecosistemas o la contaminación de otras regiones, sin importar cuán lejos estén de los centros de producción y consumo.

Por ello, para Marx, cualquier sociedad futura debe implementar medidas destinadas a la reparación de la naturaleza, modificando así el metabolismo de las sociedades mediante nuevos sistemas de organización, como sería una sociedad de productores asociados, que

*regulen racionalmente ese metabolismo suyo con la naturaleza poniéndolo bajo su control colectivo, en vez de ser dominados por él como por un poder ciego; que lo lleven a cabo con el mínimo empleo de fuerzas y bajo las condiciones más dignas y adecuadas a su naturaleza humana (Marx, 2009, p. 1.044).*

## EL METABOLISMO DE LAS CIUDADES

Desde la década de 1840, el concepto de metabolismo fue absorbido por una tendencia general en la ciencia hacia la conservación de la energía y su intercambio, lo que resultó fundamental para el desarrollo de la ecología cuantitativa. Marx se familiarizó con estas ideas a través de sus lecturas del físico británico John Tyndall y del fisiólogo alemán Theodor Schwann. Desde entonces, el concepto de metabolismo ha sido utilizado como una categoría clave en el análisis de los sistemas vivos y las interacciones de los organismos con su entorno, considerando los procesos de intercambio de materiales y energía disponibles en su medio para ser convertidos en componentes que favorezcan su crecimiento. Además, el concepto de metabolismo se emplea para referirse a los procesos reguladores que actúan sobre los intercambios de los organismos y su medio.

<sup>3</sup> "No es la unidad de la humanidad viviente y activa con las condiciones naturales, inorgánicas del intercambio metabólico con la naturaleza, y por tanto de la apropiación humana de ésta, lo que requiere explicación, o es el resultado de un proceso histórico, sino,

antes bien, la separación que se produce entre estas condiciones inorgánicas de la existencia humana y esta existencia activa, una separación que se postula completamente tan solo en la relación del trabajo asalariado y el capital" (Marx, *Grundrisse*, p. 489 Foster, 2004, pp. 245–246).

that has lost its regenerative capabilities. Under the capitalist regime, this material exchange becomes an alienated expression of mere formal exchanges of economic equivalents,<sup>3</sup> where, faced with the lack of a natural resource due to its overexploitation or the surplus of industrial waste, there will always be the possibility of replacing it through the exploitation of other ecosystems or the contamination of other regions, no matter how far away they are from the centers of production and consumption.

Therefore, for Marx, any future society must implement measures aimed at the repair of nature, thus modifying the metabolism of societies through new systems of organization, as would be a society of associated producers, which would

*rationally regulate this metabolism of theirs with nature by placing it under their collective control, instead of being dominated by it as by a blind power; that carry it out with the minimum use of forces and under the most dignified and adequate conditions for their human nature. (Marx, 2009, p. 1.044)*

## THE METABOLISM OF CITIES

From the 1840s, the concept of metabolism was absorbed by a general trend in science toward the conservation of energy and its exchange, which was fundamental to the development of quantitative ecology. Marx became familiar with these ideas through his readings of British physicist John Tyndall and German physiologist Theodor Schwann. Since then, the concept of metabolism has been used as a key category in the analysis of living systems and the interactions of organisms with their environment, considering the processes of exchange of materials and energy available in their environment to be converted into components that favor their growth. In addition, the concept of metabolism is used to refer to the regulatory processes that act on the exchanges between organisms and their environment.

<sup>3</sup> "It is not the unity of living, active humanity with the natural, inorganic conditions of metabolic exchange with nature, and thus of human appropriation of nature, that requires explanation, or is the result of a historical process, but, rather, the separation

that occurs between these inorganic conditions of human existence and this active existence, a separation that is fully postulated only in the relation of wage labor and capital" (Marx, *Grundrisse*, p. 489 Foster, 2004, pp. 245–246).

Una contribución significativa a este debate fue realizada por el ingeniero y científico estadounidense Abel Wolman (1892–1989), quien luego de estudiar ingeniería química en la Universidad John Hopkins, trabajó en la planificación y mejora de los sistemas de suministro de agua potable y alcantarillado de las ciudades de Baltimore, Nueva York, Detroit, Columbus y Ohio. En 1919, Wolman publicó un artículo, en colaboración con el químico Linn Enslow, en el que describía una prueba para la absorción de cloro, estableciendo un método controlado para la cloración de los suministros municipales de agua que permitía su obtención segura y potable en áreas urbanas. Muchas de estas ideas las aplicó en Baltimore, donde estuvo a cargo de la planificación del sistema de suministro de agua y las plantas de tratamiento de aguas residuales construidas en la década de los treinta (Fee, 2011).

En su artículo *The Metabolism of Cities* (1965), Wolman aplicó este concepto bioquímico a las grandes ciudades, entendiéndolo por metabolismo la suma de todos los materiales y bienes necesarios para el sostenimiento de las condiciones de habitación, trabajo y esparcimiento de los habitantes de una ciudad, así como para su construcción, mantenimiento y reparación. Esta categoría también incluye la eliminación segura de los desechos y residuos cotidianos. El fundamento de esta perspectiva radica en la siguiente idea:

*A medida que el ser humano ha llegado a comprender que la Tierra es un sistema ecológico cerrado, los métodos casuales que antes parecían satisfactorios para la eliminación de desechos ya no parecen aceptables. Tiene la evidencia diaria ante sus ojos y nariz que le indica que su planeta no puede asimilar sin límite los desechos no tratados de su civilización (Wolman, 1965, p. 179).*

La postura de Wolman fue sintomática de la creciente conciencia ambiental que se desarrolló en los círculos intelectuales estadounidenses en los sesenta, apoyada por varios científicos y humanistas que desafiaron la ideología del progreso elaborada en el siglo XIX, la cual ya mostraba sus consecuencias en el deterioro de las condiciones ecológicas de las grandes ciudades. Bajo este nuevo enfoque, la ciudad no se veía como un artefacto separado de su medio —como había advertido el propio Marx— sino como un elemento integrado en procesos ambientales mayores. No obstante, tal como ha sugerido Antonella Tufano, esta concepción tuvo su antecedente en la conferencia celebrada en 1955 en Princeton, *Man's Role in Changing the Face of Earth* (Tufano, 2017).

El metabolismo de las ciudades se concibe, por lo tanto, como un sistema de entradas y salidas, siendo estas últimas,

A significant contribution to this debate was made by American engineer and scientist Abel Wolman (1892–1989) who, after studying chemical engineering at Johns Hopkins University, worked on the planning and improvement of drinking water supply and sewage systems in the cities of Baltimore, New York, Detroit, Columbus, and Ohio. In 1919, Wolman published a paper in collaboration with chemist Linn Enslow in which they described a test for chlorine absorption, establishing a controlled method for chlorination of municipal water supplies, allowing safe drinking water to be obtained in urban areas. He applied many of these ideas in Baltimore, where he was in charge of planning the water supply system and sewage treatment plants built in the 1930s (Fee, 2011).

In his article 'The Metabolism of Cities' (1965), Wolman applied this biochemical concept to large cities, understanding metabolism as the sum of all materials and goods necessary for sustaining the conditions of habitation, work, and recreation of the inhabitants of a city, as well as for its construction, maintenance, and repair. This category also includes the safe disposal of everyday waste and residues. The rationale for this perspective lies in the following idea:

*As man has come to appreciate that the earth is a closed ecological system, casual methods that once appeared satisfactory for the disposal of wastes no longer seem acceptable. He has the daily evidence of his eyes and nose to tell him that his planet cannot assimilate without limit the untreated wastes of his civilization. (Wolman, 1965, p. 179)*

Wolman's position was symptomatic of the growing environmental awareness that developed in U.S. intellectual circles in the 1960s, supported by several scientists and humanists who challenged the ideology of progress elaborated in the 19th Century, which was already showing its consequences in the deterioration of ecological conditions in large cities. Under this new approach, the city was not seen as an artifact separated from its environment—as Marx himself had warned—but as an element integrated into larger environmental processes. However, as Antonella Tufano has suggested, this conception had its antecedent in the 1955 Princeton conference, 'Man's Role in Changing the Face of Earth' (Tufano, 2017).

The metabolism of cities is therefore conceived, according to Wolman (1965), as a system of inputs and outputs, the latter being the most problematic.



según Wolman (1965), las que más problemas ocasionarían. Mientras el sistema consume insumos metabólicos como alimentos, combustible, ropa, materiales de construcción y energía eléctrica, expulsa sustancias residuales que causan problemas metabólicos al no poder ser reabsorbidos, como la provisión de un suministro de agua potable, la eliminación efectiva de aguas residuales y el control de la contaminación del aire (Wolman, 1965, p. 179).

Sin embargo, mientras que para Marx estos problemas en el metabolismo de las sociedades humanas eran inherentes a las propias lógicas del capitalismo, para el ingeniero Wolman representaban un problema en la gestión del sistema metropolitano, el cual podía generar efectos dañinos más allá de los propios límites de la ciudad emisora, como ocurrió en aquel entonces con la contaminación del lago Erie debido al vertido de desechos de las ciudades de los estados de Michigan, Indiana, Ohio, Pensilvania y Nueva York.

Esta visión tecnocrática de los intercambios de una ciudad y su entorno ha tenido un profundo y prolongado impacto, sentando las bases de lo que posteriormente se conoció como sustentabilidad urbana. Un aspecto fundamental para esta visión fue la capacidad de traducir la especificidad, complejidad y singularidad de los diversos componentes ambientales en datos que pudieran ser tabulados, cuantificados y visualizados. En este sentido, Wolman contribuyó enormemente a la adopción de este nuevo enfoque mediante un gráfico que se convirtió en un modelo para posteriores intentos de cuantificar el consumo ambiental de las ciudades, tales como el modelo que propusieron Peter Braccini y Paul H. Brunner en *Metabolism of the Anthroposphere* (2012) —quienes, mediante gráficos de flujos, visualizaron los movimientos de agua, alimentos y combustibles en las ciudades—, así como en los ejemplos analizados por Christopher Kennedy et al. (2007), como los gráficos de flujos para el comportamiento metabólico de la ciudad de Bruselas que Duvigneaud y Denaeyer-De Smet elaboraron en 1977.

En la [FIGURA 1] se ilustra la manera en que Wolman visualizaba las cantidades involucradas en los procesos metabólicos de una ciudad hipotética de un millón de habitantes. En el lado izquierdo se muestra la entrada al sistema de las cantidades en toneladas de agua, alimentos y combustibles de diversos tipos, mientras en el derecho aparecen los productos metabólicos de salida del sistema, en la forma de aguas residuales, residuos sólidos y contaminantes del aire (Wolman, 1965, p. 180).

Así presentado, el problema consistía principalmente en cómo poder implementar medidas y tecnologías destinadas

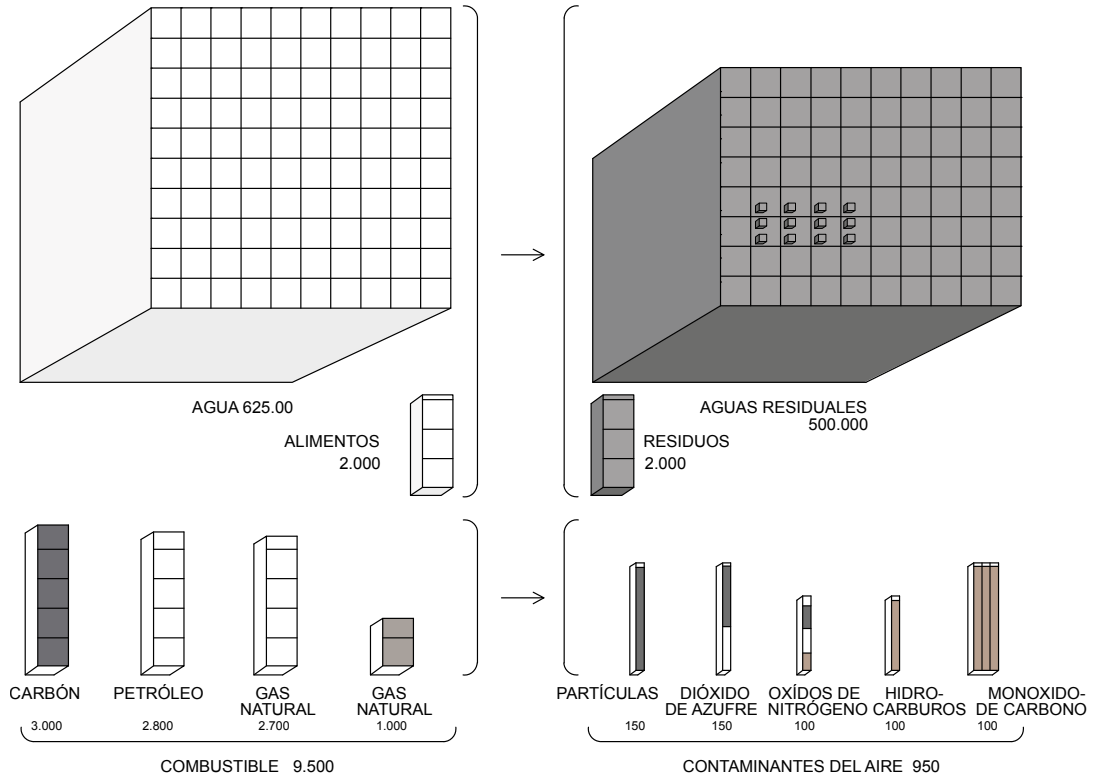
While the system consumes metabolic inputs such as food, fuel, clothing, building materials, and electrical energy, it expels residual substances that cause metabolic problems because they cannot be reabsorbed, such as the provision of a potable water supply, effective sewage disposal, and air pollution control (Wolman, 1965, p. 179).

However, while for Marx these problems in the metabolism of human societies were inherent to the logic of capitalism itself, for Wolman, an engineer, they represented a problem in the management of the metropolitan system, which could generate harmful effects beyond the limits of the emitting city, as happened at that time with the pollution of Lake Erie due to the discharge of waste from the cities of the states of Michigan, Indiana, Ohio, Pennsylvania, and New York.

This technocratic vision of the exchanges between a city and its environment has had a profound and long-lasting impact, laying the foundations for what later became known as urban sustainability. Fundamental to this vision was the ability to translate the specificity, complexity, and uniqueness of the various environmental components into data that could be tabulated, quantified, and visualized. In this sense, Wolman contributed greatly to the adoption of this new approach through a graph that became a model for later attempts to quantify the environmental consumption of cities, such as the model proposed by Peter Braccini and Paul H. Brunner in *Metabolism of the Anthroposphere* (2012)—who, through flow graphs, they visualized the movements of water, food, and fuels in cities—, as well as in the examples analyzed by Christopher Kennedy et al. (2007), as the flow graphs for the metabolic behavior of the city of Brussels elaborated by Duvigneaud and Denaeyer-De Smet in 1977.

[FIGURE 1] illustrates how Wolman visualized the quantities involved in the metabolic processes of a hypothetical city of one million inhabitants. The left side shows the input to the system of quantities in tons of water, food, and fuels of various types, while the right side shows the metabolic output products of the system, in the form of wastewater, solid waste, and air pollutants (Wolman, 1965, p. 180).

Thus presented, the problem consisted mainly of how to implement measures and technologies aimed at water reuse, the construction of irrigation canals



**FIGURA 1** Metabolismo de una ciudad, diagrama de Abel Wolman incluido en *The Metabolism of Cities*.  
 FIGURE 1 Metabolism of a city, diagram by Abel Wolman included in *The Metabolism of Cities*.  
 Fuente/Source: Wolman, 1965, p. 180.  
 Redibujado por/ Redrawn by: Gonzalo Carrasco.

a la reutilización del agua, la construcción de canales de irrigación para trasladar grandes volúmenes de agua a larga distancia, el tratamiento de las aguas residuales, la búsqueda de combustibles alternativos y el desarrollo de tecnologías energéticas menos contaminantes, así como dispositivos que permitieran disminuir las emisiones a la atmósfera.

Estas medidas resultan coherentes con la abstracción de un modelo de ciudad cuyos niveles de consumo se sustentan en una naturaleza siempre disponible a bajo costo, en recursos que siempre pueden conseguirse en otra parte y en tecnologías que el propio sistema capitalista industrial provee. El medio ambiente es así traducido a recursos que se pierden o reutilizan reintegrándose al sistema, y las catástrofes ambientales producto del consumo urbano sostenido se traducen en cantidades de capital perdido.

### CONTABILIDAD AMBIENTAL Y LAS VIDAS MÁS ALLÁ DEL INVENTARIO

Frente a los cambios y problemas ambientales, Wolman propugnaba un discurso que con el tiempo se volvió recurrente en las corrientes de la sustentabilidad ambiental, en particular en el capitalismo transhumanista de inicios del siglo XXI, centrado en la adaptación, la lucha y la competencia de la especie humana con un futuro ecológico amenazante.<sup>4</sup> Su confianza lo llevó a afirmar que “el hombre, como una especie en peligro, dependerá siempre de los frutos de la ciencia y la tecnología, atemperados por la capacidad de los estadistas para la selección y la prioridad”

<sup>4</sup> En 1961, ante la pregunta ¿hacia dónde vamos desde aquí?, Wolman afirmaba que: “Debe encontrarse una mejor alternativa que esta de la desesperación. La práctica administrativa de la salud pública a lo largo de la historia tiene un impresionante historial de improvisación para enfrentar los desafíos conocidos y desconocidos del entorno del hombre. La vida siempre ha sido una aventura competitiva. Como Dubos señala tan acertadamente, ‘El mismo proceso de la vida es una continua interacción entre el individuo y su entorno, a menudo tomando la forma de una lucha que resulta en lesiones o enfermedades’. El hecho de que el entorno sea más complejo de lo que era hace medio siglo no es

razón para desanimarse. Que la evidencia científica, la medición y la evaluación sean mucho menos completas de lo que se desea tampoco es motivo para retroceder. Siempre ha sido así. La mejora en la salud del hombre en el siglo XIX, por ejemplo, fue indudablemente sin el beneficio del mejor consejo que la medicina y la teoría germinal de las enfermedades podrían haber proporcionado si el conocimiento hubiera estado disponible. El éxito precedió al conocimiento preciso. Otro factor a nuestro favor radica en la tremenda capacidad que el hombre ha exhibido durante miles de años para la adaptación natural y el ajuste artificial a su entorno” (Wolman, 1961, p. 1.634–1.635).

to move large volumes of water over long distances, wastewater treatment, the search for alternative fuels, and the development of less polluting energy technologies, as well as devices to reduce atmospheric emissions.

These measures are consistent with the abstraction of a city model whose consumption levels are based on a nature that is always available at low cost, on resources that can always be obtained elsewhere, and on technologies that the industrial capitalist system itself provides. The environment is thus translated into resources that are lost or reused and reintegrated into the system, and the environmental catastrophes resulting from sustained urban consumption are translated into quantities of lost capital.

### ENVIRONMENTAL ACCOUNTING AND LIVES BEYOND INVENTORY

Confronted with environmental changes and problems, Wolman advocated a discourse that over time became recurrent in trends of environmental sustainability, particularly in the transhumanist capitalism of the early 21st Century, centered on the adaptation, struggle, and competition of the human species with a threatening ecological future.<sup>4</sup> His confidence led him to affirm that “man, as an endangered species, will forever depend upon the fruits of science and technology, tempered by

<sup>4</sup> In 1961, when faced with the question where do we go from here? Wolman stated that: “a better alternative must be found than this one of despair. Public health administrative practice throughout history has an impressive record of improvisation to meet the known and the unknown challenges of man’s environment. Life has always been a competitive adventure. As Dubos so well points out, “The very process of life is a continual interplay between the individual and his environment, often taking the form of a struggle resulting in injury or disease”. That the environment is more complex than it was a half century ago offers no basis for losing

heart. That scientific evidence, measurement, and evaluation are far less complete than desired is also no reason for retreat. This has always been the case. Improvement in the health of man in the 19th century, for example, was undoubtedly without the benefit of the best advice which medicine and the germ theory of disease might have provided if knowledge had been at hand. Success antedated precise knowledge. Another factor in our favor lies in the tremendous capacity which man has exhibited over thousands of years for natural adaptation and for artificial adjustment to his environment.” (Wolman, 1961, p. 1.634–1.635).

(Wolman, 1971, p. 655). Este optimismo, junto con un declarado antropocentrismo, lo llevó a descartar escenarios futuros en los que los procesos metabólicos humanos sobre el ambiente pudieran tener efectos catastróficos a escala global, sosteniendo que “es raro que el hombre haga algo, incluso con intenciones malévolas, que iguale los devastadores efectos ambientales de un terremoto en Guatemala o una erupción volcánica en el monte Baker” (Wolman, 1976, p. 740).

Sin embargo, con el cambio de siglo llegaron las evidencias científicas que mostraban cómo las sostenidas interacciones de la producción capitalista con el ambiente estaban generando un nuevo evento geológico conocido como Antropoceno. A pesar de ello, las perspectivas metabólicas fundadas por Wolman no solo han continuado, sino que se han profundizado en la forma de la contabilidad ambiental y de los modelos urbanos de las *Smart-Cities*, como es el caso de Vancouver, Toronto y en especial Ámsterdam.<sup>5</sup> Estas, en colaboración con la Internet de las cosas, intentan medir los niveles de consumo de edificios y ciudades para reducir las tasas de emisiones de residuos, así como el consumo energético y de recursos naturales.

Las políticas de la sustentabilidad, que pretenden introducir estos paliativos sin cambiar los altos niveles de consumo de especies vegetales y animales, ni de ecosistemas completos provocados por los procesos metabólicos del capitalismo —que aliena, como advirtió Marx, a la naturaleza con el ser humano (o, más precisamente hoy, a los sistemas ecológicos no humanos respecto del animal humano)— profundizan en unas interacciones metabólicas con el medio ambiente en que este todavía se comprende como una máquina. Y no ya la del materialismo mecánico de Bacon, tan criticado por Marx, sino la de los sistemas cerrados desarrollados por la teoría de sistemas de la cibernética de mediados del siglo XX, caracterizados por el control de los equilibrios entre lo que entra y sale del sistema.

Bajo esta premisa, el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE) es un estándar estadístico internacional para organizar la información y poder describir las interacciones entre la economía y el ambiente, así como el *stock* o inventario de activos ambientales y sus variaciones, incluyendo información sobre agua, minerales, energía, madera, recursos pesqueros, suelo, tierra y ecosistemas,

statement’s capacities for selection and priority” (Wolman, 1971, p. 655). This optimism, together with an avowed anthropocentrism, led him to rule out future scenarios in which human metabolic processes on the environment could have catastrophic effects on a global scale, arguing that “it is rare that man does anything, even with malevolent intent, that would match the devastating environmental effects of a Guatemalan earthquake or a volcanic eruption of Mt. Baker” (Wolman, 1976, p. 740).

However, with the turn of the century came scientific evidence showing how the sustained interactions of capitalist production with the environment were generating a new geological event known as the Anthropocene. Despite this, the metabolic perspectives founded by Wolman have not only continued, but have deepened in the form of environmental accounting and urban models of Smart-Cities, such as Vancouver, Toronto, and especially Amsterdam.<sup>5</sup> These, in collaboration with the Internet of Things, attempt to measure the consumption levels of buildings and cities in order to reduce waste emission rates, together with energy and natural resource consumption.

The policies of sustainability, which seek to introduce these palliatives without changing the high levels of consumption of plant and animal species or of entire ecosystems caused by the metabolic processes of capitalism—which alienates, as Marx warned, nature from human beings (or, more precisely today, non-human ecological systems from the human animal)—deepen metabolic interactions with the environment in which the latter is still understood as a machine. And no longer that of Bacon’s mechanical materialism, so vehemently criticized by Marx, but that of the closed systems developed by the systems theory of mid-twentieth Century cybernetics, characterized by the control of the balances between what enters and leaves the system.

Under this premise, the System of Environmental-Economic Accounting (SEEA) is an international statistical standard for organizing information and describing the interactions between the economy and the environment, as well as the stock or inventory of environmental assets and their variations, including information about water, minerals, energy,

<sup>5</sup> Ver [amsterdamsmartcity.com](http://amsterdamsmartcity.com)

<sup>5</sup> See [amsterdamsmartcity.com](http://amsterdamsmartcity.com)

contaminación y residuos, producción, consumo y acumulación (Naciones Unidas, 2012). Desarrollado a partir de los resultados del informe de la Comisión Brundtland de 1987, *Nuestro futuro común*, y, sobre todo, tras la Agenda 21 de la Cumbre de las Naciones Unidas de Río de Janeiro en 1992, adquirió su versión actual el 2012, derivándose en una variedad de marcos que vinculan la naturaleza con la contabilidad.<sup>6</sup> No obstante, ya habían existido intentos por considerar la capacidad del planeta para soportar el crecimiento poblacional, la contaminación y la presión sobre los recursos naturales, como la Cumbre de Estocolmo en 1972 y, especialmente, el informe de 1972 *Los límites del crecimiento*, presentado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts por encargo del Club de Roma. Pero fue en los años ochenta cuando se planteó la posibilidad de armonizar los objetivos del crecimiento económico, la gestión empresarial y la sostenibilidad ambiental, dando origen a lo que posteriormente se llamaría “desarrollo sostenible” (Flórez Ríos & Rincón Soto, 2022, p. 194).

Detrás de toda esta estructura conceptual y operativa —que dio lugar al surgimiento de todo tipo de incentivos fiscales y tributarios y la tasación de los “esfuerzos y compromisos” empresariales con el desarrollo sostenible— descansa el concepto de *stock* o inventario. Para Anna L. Tsing, este concepto es clave para analizar cómo el capitalismo contemporáneo se relaciona con los sistemas ecológicos. Mientras en el siglo XIX el capitalismo consideraba una disponibilidad infinita de las materias primas, hoy la explotación de unas materias primas evidentemente finitas se realiza a partir de procesos metabólicos en los que ya no solo los ecosistemas son modificados, sino que “en las explotaciones capitalistas, los seres vivos creados en el marco de procesos ecológicos son asimilados para la concentración de la riqueza” (Tsing, 2021, p. 91), en un proceso que Tsing identifica como un “rescate” del valor producido al margen del control capitalista.<sup>7</sup>

wood, fishery resources, soil, land and ecosystems, pollution and waste, production, consumption, and accumulation (Naciones Unidas, 2012). Developed from the results of the 1987 Brundtland Commission report, *Our Common Future*, and, above all, following Agenda 21 of the 1992 Rio de Janeiro UN Summit, it acquired its current version in 2012, deriving in a variety of frameworks linking nature and accounting.<sup>6</sup> However, there had already been attempts to consider the planet’s capacity to withstand population growth, pollution, and pressure on natural resources, such as the Stockholm Summit in 1972 and, especially, the 1972 report *The Limits to Growth*, presented by the Massachusetts Institute of Technology by request of the Club of Rome. But it was in the 1980s that the possibility of harmonizing the objectives of economic growth, business management, and environmental sustainability was raised, originating what would later be called ‘sustainable development’ (Flórez Ríos & Rincón Soto, 2022, p. 194).

Behind all this conceptual and operational structure —which triggered the emergence of all kinds of fiscal and tax incentives and the taxation of corporate ‘efforts and commitments’ to sustainable development— lies the concept of stock or inventory. For Anna L. Tsing, this concept is key in analyzing how contemporary capitalism relates to ecological systems. While in the 19th Century capitalism considered the infinite availability of raw materials, today the exploitation of obviously finite raw materials is based on metabolic processes in which not only ecosystems are modified, but “in capitalist farms, living things made within ecological processes are coopted for the concentration of wealth” (Tsing, 2021, p. 91), in a process that Tsing identifies as a ‘salvage’ of the value produced at the margins of capitalist control.<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Entre estas variantes se puede considerar: ecocontabilidad, contabilidad ecológica, biocontabilidad, contabilidad verde, contabilidad ESA (Económica, Social y Ambiental), contametría, contabilidad ecoambiental, contabilidad de los recursos naturales y la biocontabilidad (Flórez Ríos & Rincón Soto, 2022, p. 190).

<sup>7</sup> “La ‘acumulación de rescate’ es el proceso mediante el cual las empresas líderes acumulan capital sin controlar las condiciones en las que se producen las materias primas. El rescate no es un mero adorno en los procesos capitalistas ordinarios: es un rasgo distintivo del funcionamiento del capitalismo” (Tsing, 2021, p. 91).

<sup>6</sup> Among these variants we can consider: eco-accounting, ecological accounting, bio-accounting, green accounting, ESA (economic, social and environmental) accounting, accounting metrics, eco-environmental accounting, natural resource accounting, and bio-accounting (Flórez Ríos & Rincón Soto, 2022, p. 190).

<sup>7</sup> “‘Salvage accumulation’ is the process through which lead firms amass capital without controlling the conditions under which commodities are produced. Salvage is an ornament on ordinary capitalist processes; it is a feature of how capitalism works” (Tsing, 2021, p. 91).

De esta forma, los ecosistemas quedan inscritos en cadenas de suministros que pueden ser obtenidos en territorios ubicados en los márgenes del desarrollo, creando así una expansión del metabolismo urbano a nivel global. Es decir, para mantener las líneas de suministros de los recursos energéticos y biológicos necesarios para sostener los niveles de consumo de una gran ciudad, es necesario expoliar ecosistemas completos al mismo tiempo que se mantienen los estándares ambientales exigidos por la contabilidad ambiental de las ciudades. Zonas de sacrificio y catástrofes ambientales son toleradas para mantener la prosperidad de ciudades que, en su metabolismo interno, pueden ajustarse completamente a estándares de consumo “verdes”.

Los ecosistemas emplazados en los márgenes quedan así reducidos a convertirse en los inventarios o *stock* globales para las grandes ciudades, gestionados mediante sistemas tecnológicos similares a los que administran las cadenas de suministros globales. Las economías de las grandes ciudades pueden, de esta manera, encontrar materias primas y recursos en todo tipo de contextos, implementando innovaciones como la administración de datos tales como los desarrollados por Walmart, compañía pionera en la introducción de los códigos universales de producto (UPC), códigos de barras que hacen posible la identificación de los productos de un inventario (Tsing, 2021, p. 95).

Una característica clave de las líneas de suministros es la capacidad del *stock* o inventario de ser escalable, es decir, de poder expandir los niveles de consumo sin tener que aumentar su producción. De esta forma, el metabolismo de las ciudades contemporáneas, en su esfuerzo por mantener altos niveles de consumo, pero ajustándose a las exigencias de la contabilidad ambiental, puede ejercer presión sobre otros territorios productivos, que en la pesquisa por precios cada vez más baratos puede generar resultados ecológicamente catastróficos. Tal como está ocurriendo con el deterioro ecológico que en Argentina y la Amazonía brasileña está produciendo la industria de la soja; la contaminación de ríos y suelos generada por la extracción de cobalto en el Congo —metal raro fundamental para la fabricación de dispositivos electrónicos y automóviles eléctricos—; o los graves problemas ecológicos que generan los desechos y el consumo hídrico de la industria textil en Bangladesh, en especial en el río Buridanga cerca de Daca.

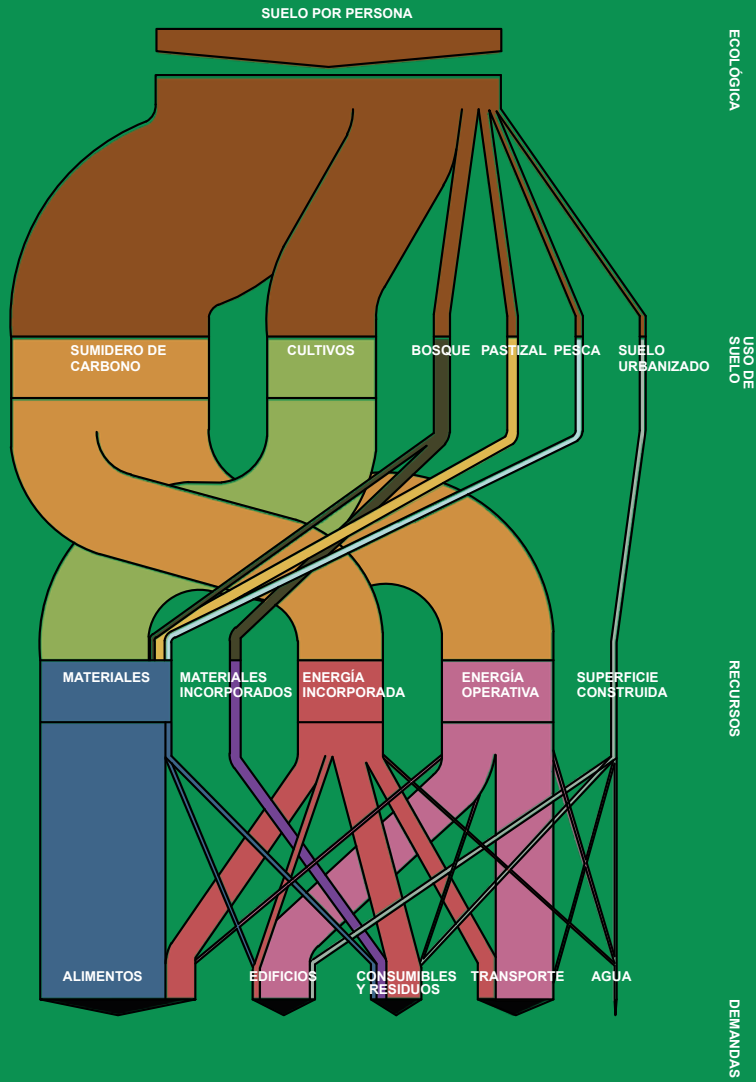
En el fondo de la idea de naturaleza alienada esbozada por Marx, se encuentran los mecanismos mediante los cuales el capitalismo fractura los procesos de intercambio entre los seres humanos y una naturaleza que ya no está sujeta a la reparación, sino al expolio. En esta fractura, cada especie

In this way, ecosystems are inscribed in supply chains that can be obtained in territories located on the margins of development, thus creating an expansion of urban metabolism at the global level. In other words, in order to maintain the supply lines of energy and biological resources necessary to sustain the consumption levels of a large city, it is necessary to despoil entire ecosystems while maintaining the environmental standards demanded by the environmental accounting of cities. Sacrifice zones and environmental catastrophes are tolerated to maintain the prosperity of cities that, in their internal metabolism, can conform completely to ‘green’ standards of consumption.

Ecosystems located at the margins are thus reduced to becoming the global inventories or stock for large cities, managed through technological systems similar to those that manage global supply chains. The economies of large cities can thus find commodities and resources in all kinds of contexts, implementing innovations such as data management like the ones developed by Walmart, a pioneer in the introduction of universal product codes (UPC), barcodes that make it possible to identify products in an inventory (Tsing, 2021, p. 95).

A key characteristic of supply lines is the ability of the stock or inventory to be scalable, that is, to be able to expand the levels of consumption without having to increase their production. In this way, the metabolism of contemporary cities, in their effort to maintain high levels of consumption, but adjusting to the demands of environmental accounting, can exert pressure on other productive territories that, in the search for ever-cheaper prices, can generate ecologically catastrophic results. As is happening with the ecological deterioration the soybean industry is producing in Argentina and the Brazilian Amazon; the contamination of rivers and soils generated by the extraction of cobalt—a rare metal essential for the manufacture of electronic devices and electric cars—in the Congo; or the serious ecological problems generated by the waste and water consumption of the textile industry in Bangladesh, especially in the Buriganga River near Dhaka.

At the heart of the idea of alienated nature outlined by Marx are the mechanisms by which capitalism fractures the processes of exchange between human beings and a nature that is no longer subject to repair, but to plunder. In this fracture, each animal or



#### Diagrama Metaflow.

Metaflow Diagram.

© Sam Ebelier, *Urban Metabolism: A Real World Model for Visualizing and Co-Creating Healthy Cities.*

Redibujado por/ Redrawn by:  
Gonzalo Carrasco.

animal o vegetal, río, humedal, glaciar, arrecife de coral, selva, bosque o campo de dunas pierde la especificidad que lo convierte en un ecosistema único e irreplicable, para convertirse en *stock* disponible, en verdaderos inventarios de una vida precaria. Repensar los procesos metabólicos que conectan a los seres humanos con sus ecosistemas implica no solo reemplazar la visión de estos como meros recursos consumibles dentro de una cadena de suministros por concepciones multiespecíficas e interdependientes entre humanos y no humanos, sino también fomentar interacciones en las que la reparación ecológica sea una parte fundamental de la vida en las grandes ciudades. **m**

plant species, river, wetland, glacier, coral reef, jungle, forest, or dune field loses the specificity that makes it a unique and unrepeatable ecosystem, to become available stock, actual inventories of precarious life. Rethinking the metabolic processes that connect humans with their ecosystems implies not only replacing the vision of these as mere consumable resources within a supply chain with multi-species and interdependent conceptions between humans and non-humans, but also fostering interactions in which ecological repair is a fundamental part of life in large cities. **m**

## REFERENCIAS REFERENCES

- BACCINI, P., & BRUNNER, P. H. (2012). *Metabolism of the Anthroposphere: Analysis, Evaluation, Design*. MIT Press.
- FEE, E. (2011). Abel Wolman (1892–1989): Sanitary Engineer of the World. *American Journal of Public Health*, 101(4), 645–645. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2009.190876>
- FLÓREZ RÍOS, A. M., & RINCÓN SOTO, C. A. (Eds.). (2022). *Gestión de la información ambiental en las organizaciones*. Ediciones de la U.
- FOSTER, J. B. (2004). *La ecología de Marx. Materialismo y naturaleza*. El Viejo Topo.
- KENNEDY, C., CUDDIHY, J., & ENGEL-YAN, J. (2007). The Changing Metabolism of Cities. *Journal of Industrial Ecology*, 11(2), 43–59. <https://doi.org/10.1162/jie.2007.1107>
- MARX, K. (2008). *El capital: Crítica de la economía política, tomo I, libro I: El proceso de producción del capital*. Siglo XXI.
- MARX, K. (2009). *El capital. Crítica de la economía política. Libro tercero: El proceso global de la producción capitalista, vol. VIII* (F. Engels, Ed.). Siglo XXI.
- MOORE, J. W. (2016). *Anthropocene or Capitalocene?: Nature, History, and the Crisis of Capitalism*. PM Press.
- NACIONES UNIDAS. (2012). *Sistema de contabilidad ambiental y económico 2012—Marco central*. Naciones Unidas.
- NANCY, J.-L. (2015). *After Fukushima: The Equivalence of Catastrophes*. Fordham University Press.
- TSING, A. L. (2021). *La seta del fin del mundo: Sobre la posibilidad de vida en las ruinas capitalistas* (F. J. R. Mena, Trans.). Capitán Swing.
- TUFANO, A. (2017). Man's Role in Changing the Face of the Earth (1955): From the Rediscovery of Marsh to the Emergence of Urban Metabolism. *Global Environment*, 10(2), 335–363. <https://doi.org/10.3197/ge.2017.100204>
- UNITED NATIONS. (n.d.). *Desafíos globales: Población*. United Nations; United Nations. <https://www.un.org/es/global-issues/population>
- WACKERNAGEL, M., & BEYERS, B. (2019). *Ecological Footprint: Managing Our Biocapacity Budget*. New Society Publishers.
- WOLMAN, A. (1961). Man and His Changing Environment. The Changing Physical and Biological Environment of Man. *American Journal of Public Health and the Nations Health*, 51(11), 1631–1637. <https://doi.org/10.2105/AJPH.51.11.1631>
- WOLMAN, A. (1965). The Metabolism of Cities. *Scientific American*, 213, 179–190.
- WOLMAN, A. (1971). The Environment: Past, Present, and Plusperfect. *Journal (American Water Works Association)*, 63(10), 651–657. <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.1971.tb02588.x>
- WOLMAN, A. (1976). Ecologic Dilemmas. *Science, New Series*, 193(4255), 740–742. <https://doi.org/10.1126/science.193.4255.740>