

Economía ecológica de las zonas de sacrificio: una visión termodinámica del metabolismo social internacional

DOI: 10.32870/in.vi30.7313

Salvador Peniche Camps

Resumen

La idea central del artículo que presentamos consiste en explicar el origen de la formación de zonas de sacrificio socioambiental como resultado de la política de desarrollo hemisférico. La pregunta que formulamos es sobre el surgimiento de regiones en situación de colapso socioambiental. ¿Constituye lo anterior una condición *sine qua non* del modelo de integración al mercado mundial? El objetivo del trabajo consiste en demostrar la naturaleza de este fenómeno en la zona particular de estudio, la subcuenca Santiago-Guadalajara, en el estado de Jalisco, México. El análisis se efectúa desde la perspectiva termodinámica y desde un posicionamiento teórico derivado de la economía ecológica. El estudio arrojó resultados que demuestran la relación funcional entre el modelo de integración hemisférica y la generación de regiones colapsadas socioambientalmente.

Palabras clave: conflictos ecológico-distributivos, internacionales, entropía, límites biofísicos del desarrollo, ruptura metabólica.

ECOLOGICAL ECONOMICS OF SACRIFICE ZONES: A THERMODYNAMIC PERSPECTIVE ON INTERNATIONAL SOCIAL METABOLISM

Abstract

The central idea of this article is to explain the origin of the formation of socio-environmental sacrifice zones as a result of hemispheric development policies. The question we pose concerns the emergence of regions in a state of socio-environmental collapse. Is this a *sine qua non* of the model of integration into the global market? The objective of this paper is to demonstrate

Recibido: 03 de abril 2025. Aceptado: 08 de mayo 2025.

Received: 03 April, 2025. Accepted: 08 May, 2025.

Universidad de Guadalajara. Correo electrónico: speniche@cucea.udg.mx. ORCID: 0000-0001-8490-4178

the nature of this phenomenon in the specific study area, the Santiago-Guadalajara sub-basin in the state of Jalisco, Mexico. The analysis is carried out from a thermodynamic perspective and from a theoretical position derived from ecological economics. The report yielded results that demonstrate the functional relationship between the hemispheric integration model and the generation of socio-environmentally collapsed regions.

Keywords: ecological-distributive conflicts, international conflicts, entropy, biophysical limits of development, metabolic breakdown

Introducción

En el ensayo que se presenta ofrecemos una visión económico ecológica de las zonas de sacrificio. Para ello se expone la concepción termodinámica de la economía y el carácter entrópico del metabolismo social. El ensayo ofrece primeramente una explicación de la naturaleza termodinámica del desarrollo social; posteriormente, en el segundo apartado, se describe la formación de las denominadas zonas de sacrificio como manifestación de las rupturas metabólicas generadas por el modelo de integración hemisférica. En la última sección se presenta un análisis de la zona de estudio y se finaliza con el apartado de conclusiones sobre las zonas de sacrificio como expresión de la entropía generada por el modelo externo de desarrollo.

La economía ecológica es una disciplina que ofrece una explicación heterodoxa sobre la relación existente entre la actividad productiva y el deterioro ambiental. En particular, la disciplina ofrece una visión termodinámica del problema del colapso socioambiental de la actualidad, y constituye un cuerpo teórico que aporta ideas que facilitan la comprensión de las causas del deterioro ecológico y proporciona herramientas para la elaboración de estrategias hacia la sustentabilidad.

En este contexto, se explica la aparición de las llamadas zonas de sacrificio, generadas en el modelo económico de mercado, regiones que resultan sumamente importante en los esquemas de desarrollo económico. Se trata de espacios que, por sus características sociales, económicas y ambientales, se utilizan como plataformas de crecimiento, como un tipo de “hoyos negros” económicos que absorben toda clase de recursos, trabajo y energía, generalmente destinados al mercado exterior, y que, por su condición con respecto a su localización

geográfica y el acceso a recursos, presentan elevados niveles de destrucción socioambiental (Barreda, 2021).

Desde la perspectiva metodológica, hemos hecho un recuento de los microprocesos disruptivos en la zona de estudio para describir, de esta manera, el avance de la entropía, en concordancia con las leyes de la termodinámica. En particular, se enlazan los fenómenos distributivos de los impactos socioambientales, como parte de un análisis ecológico-político. Se culmina el planteamiento con reflexiones sobre el colapso socioambiental en el cual deriva la internacionalización de la economía del occidente del país.

1. Metabolismo social, termodinámica y la paradoja de Galeano

“La utopía está en el horizonte. Camino dos pasos, ella se aleja dos pasos. Camino diez pasos y el horizonte se corre diez pasos más allá. Por mucho que camine nunca lo alcanzaré. ¿Entonces para qué sirve la utopía? Para eso, sirve para caminar” (Galeano, 1993, p. 230).

Como una maldición prometeica, observamos que, mientras más evoluciona la sociedad entrópica, más se aleja de la utopía de la sustentabilidad. Tal es la idea de Eduardo Galeano, quien intuyó poéticamente la naturaleza termodinámica del desarrollo económico y social. Con su paradoja, Galeano explica de manera sencilla el fundamento de la termodinámica. Hoy sabemos que lo anterior se aplica a cualquier sistema, se trate de una galaxia, de un átomo, de un ser vivo o de la sociedad humana. Por ello, por su carácter universal y eterno, la termodinámica, —ciencia que estudia las regularidades de la transferencia de calor entre sistemas—, en particular su segunda ley, la de la entropía —que nos explica la inevitabilidad del “desperdicio” energético—, es tan importante para entender la lógica de los procesos de desarrollo social, el origen de la disrupción ambiental y el contenido del concepto de sustentabilidad (Krauss, 2024; Roegen, 1996).

La entropía suele definirse como la medida del desorden. En realidad, la idea del orden es una convención humana, y se refiere a un estado excepcional en el universo, un estado de equilibrio amable a los ojos del humano, por ser el medio apropiado para la evolución biológica. En realidad, lo que es “normal” en el universo es el “desorden” (Roegen, 1996).

La entropía, o “S”, expresa el grado de energía que se libera en el paso de un sistema a otro. Se refiere, entonces, al estado más común en el universo, aquel donde reina el caos: la entropía describe el estado termodinámico más probable: es un tema de estadística. El número S cuantifica la probabilidad de que las moléculas se ordenen de determinada manera, y nos certifica que la alineación ordenada de los elementos de un sistema es un caso particular, poco probable, de la distribución aleatoria. S habla, por ejemplo, de la probabilidad de que las moléculas de agua en un vaso se ordenen de tal manera que se presenten, en un momento dado, de manera sólida, como hielo, o en forma líquida o gaseosa. La probabilidad de escenarios improbables (que el vaso de agua se congele) es baja, pero real.

Por ello, la degradación de los ecosistemas, la contaminación y la desintegración social pueden ser considerados como una expresión de la ley de la entropía: el avance a un estado de alta probabilidad donde reina el caos. Las implicaciones sociales, económicas y ecológicas de este principio de la física son muy importantes para la comprensión de las causas y consecuencias del colapso socioambiental de la actualidad, y constituyen uno de los pilares teóricos de la Economía Ecológica. Por su importancia para el momento actual, es menester detenerse brevemente en una explicación más detallada de esta teoría.

Veamos: así como se ha establecido arbitrariamente que para la medición de la temperatura echamos mano de los grados Celsius (o Fahrenheit), para medir el promedio de energía cinética de los átomos o moléculas de un sistema (el esfuerzo de un cuerpo para pasar de un estado de reposo a una velocidad específica), nos valemos de los julios/grados Kelvin (o Clausius). En esencia, la entropía mide la energía que no puede producir trabajo; es decir, que se desperdicia (el calor añadido por unidad de temperatura). En esta lógica, “S”, definida como una magnitud física para cualquier sistema termodinámico, mide el nivel de desorden generado en su desarrollo.

La paradoja a la que se refiere Galeano consiste en el hecho de que los seres vivos son, por definición, sistemas ordenados y han requerido y requieren, por lo tanto, mucha energía para evolucionar. La contradicción existente entre la necesidad creciente de energía de los seres vivos y el incremento universal de la entropía constituye la gran paradoja enunciada. Por supuesto, tal contradicción se resuelve, en el sistema “Tierra”, con la intervención del Sol: la termodinámica nos dice que el

orden en un sistema cerrado solo se puede mantener con la mediación de una fuente externa de energía. En el caso de la vida en el planeta Tierra, hoy sabemos que su posibilidad depende de la energía externa del Sol. En esta narrativa, la entropía se presenta como la economía de la naturaleza, la optimización de los recursos, energía y materiales, escasos. Sin embargo, nos dice la termodinámica, llegado el momento, el Sol y el universo en su conjunto alcanzarán un nuevo equilibrio termodinámico y la vida inexorablemente se extinguirá en el planeta.

La paradoja de Galeano se complementa con la crítica a la sociedad contemporánea, que con su tecnología y sus patrones de producción y de consumo aceleran este proceso termodinámico. Tal es el origen del colapso ambiental de nuestros días que abordaremos en el siguiente apartado.

2. La entropía entendida como economía de la naturaleza: las zonas de sacrificio y los espacios entrópicos acumulativos

El hecho significativo para el economista consiste en que la nueva ciencia de la termodinámica comenzó como física del valor económico y, como en esencia, puede seguir contemplándose en ese sentido. La ley de la Entropía por sí misma aparece como la de carácter más económico entre todas las leyes de la naturaleza (Roegen, 1996:47).

El inicio cronológico de la ruptura del equilibrio termodinámico en los sistemas de soporte de vida en el planeta podría establecerse en la Revolución Industrial. En las etapas previas del desarrollo de la comunidad humana, los límites biofísicos del desarrollo no fueron alterados significativamente. Sin embargo, con la aparición del capitalismo industrial y, más tarde, con la dinámica expansiva de la globalización, empezaron a aparecer señales del incremento de la entropía y la creación de condiciones para la formación de nuevos equilibrios termodinámicos en el planeta.

Pero, ¿cómo explica la transición hacia nuevos estados de equilibrio entrópico la termodinámica? Básicamente, el nuevo equilibrio termodinámico constituye un ordenamiento más caótico generado por la acumulación de microprocesos disruptivos. El nuevo estado de equilibrio significa, en términos biológicos y sociales, la desaparición de las condiciones apropiadas para la vida: la pérdida de la biodiversidad, la

disrupción del ciclo del nitrógeno, la contaminación y el agotamiento del agua y el cambio climático, por solo mencionar algunos de sus expresiones más conocidas.

En la actualidad se ha denominado antropoceno a la etapa geológica que vivimos, en la cual el proceso de organización de producción en la sociedad humana contribuye de manera determinante a la aceleración del cambio de equilibrio termodinámico; es decir acelera el nivel de entropía. Como lo demuestra el colapso socioambiental en curso, el sistema de mercado y su racionalidad tecnológica son altamente entrópicos.

Marcuse describe el fenómeno de la siguiente manera:

Desde el primer momento, la libertad de empresa no fue precisamente una bendición. En tanto que libertad para trabajar o para morir de hambre, significaba fatiga, inseguridad y temor para la gran mayoría de la población. Si el individuo no estuviera aún obligado a probarse a sí mismo en el mercado, como sujeto económico libre, la desaparición de esta clase de libertad sería uno de los mayores logros de la civilización. El proceso tecnológico de mecanización y normalización podría canalizar la energía individual hacia un reino virgen de libertad más allá de la necesidad. La misma estructura de la existencia humana se alteraría; el individuo se liberaría de las necesidades y posibilidades extrañas que le impone el mundo del trabajo. El individuo se liberaría de las necesidades y posibilidades extrañas que le impone el mundo del trabajo. El individuo tendría libertad para ejercer la autonomía sobre una vida que sería la suya propia. Si el aparato productivo se pudiera organizar y dirigir hacia la satisfacción de las necesidades vitales, su control bien podría ser centralizado; tal control no impediría la autonomía individual, sino que la haría posible. Éste es un objetivo que está dentro de las capacidades de la civilización industrial avanzada, el “fin” de la racionalidad tecnológica (Marcuse, 1993, pp. 32-33).

De esta manera, el autor explica que, bajo las relaciones de producción capitalistas, la tecnología, por su esencia, es incapaz de resolver el problema de la aceleración de entropía y, por lo tanto, el de la degradación ambiental. La “racionalidad tecnológica” marcusiana puede interpretarse, en términos termodinámicos, como la razón de ser del progreso tecnológico bajo el capitalismo: la obtención de ganancias a través de la explotación económicamente eficiente de los factores del capital, y no la desaceleración del ritmo de creación de entropía.

El colapso socioambiental del antropoceno se debe, precisamente, a la disrupción de los equilibrios termodinámicos existentes como resultado de los procesos de reproducción social. Sucede que cuando

la entropía alcanza niveles disruptivos los sistemas colapsan hacia un nuevo equilibrio termodinámico. En el mundo natural, con relación a los seres vivos, la enfermedad puede interpretarse como la acumulación de microprocesos disruptivos que derivan en la muerte y esta, a su vez, se puede interpretar, desde la perspectiva termodinámica, como un nuevo estado de equilibrio caracterizado por un alto nivel de entropía o desorden bioquímico. Pero, ¿qué significa esto en lo relativo al “sistema” económico?, ¿cómo lo explica la Economía Ecológica? La aparición de las zonas de sacrificio puede interpretarse como la expresión social de los microprocesos disruptivos en el sistema.

La Economía Ecológica concibe el fenómeno económico, el proceso continuo de extracción, producción, distribución, consumo y desecho, como metabolismo social, como un desarrollo de flujos de energía y materiales gobernado por las leyes universales de la termodinámica. Desde esta perspectiva teórica, la acumulación de fenómenos disruptivos en la época actual, los procesos altamente entrópicos generados por la actividad productiva de la sociedad humana, constituyen evidencia del inexorable avance del modelo productivo del antropoceno hacia el establecimiento de un nuevo equilibrio termodinámico caracterizado por el colapso socioambiental.

De lo descrito anteriormente se deriva la más importante diferencia entre la visión dominante de la situación ambiental que vivimos en la actualidad y el acercamiento económico-ecológico: a saber, su caracterización cíclico-temporal. El tema no es menor, pues nos ayuda a explicar la justificación de la existencia de las llamadas “zonas de sacrificio”, bajo el encuadre teórico dominante de la sustentabilidad. La interpretación políticamente correcta del problema ambiental, en los círculos de las agencias de la gobernanza ambiental mundial, en los distintos órdenes de gobierno y en la academia, es la existencia de una crisis que habremos de sortear: una crisis que supone la posibilidad de la recuperación plena y la perspectiva del retorno a la “normalidad”. En contraste, la idea del “colapso”, que caracteriza a la visión de la economía ecológica, nos habla de la irreversibilidad de los procesos de destrucción ecológica, de la llegada de un nuevo equilibrio termodinámico o, en términos de la física, el inexorable e irreversible paso de la flecha del tiempo.

La visión que sustenta la política pública de la actualidad es la de “crisis ambiental”. En esta lógica interpretativa, la tecnología se posi-

ción como el elemento central en la estrategia para la recuperación de los equilibrios ecológicos necesarios para la preservación de la vida en general en el planeta, y para la restauración de las condiciones para la existencia social. Lo anterior, la llamada concepción de la sustentabilidad débil (aquella que considera la posibilidad de la intervención a través de la política pública, como herramienta de recuperación), constituye, sea por una interpretación equivocada de la evidencia empírica, sea por intereses económicos fincados en la promoción de las “tecnologías verdes”, el fundamento de la estrategia dominante hacia la “salida de la crisis”. En realidad, como señaló Jevons en 1865, la tecnificación produce, a la larga, la profundización de la destrucción socioambiental (Ruiz, Martínez y Figueroa, 2015).

El economista neoclásico británico explica, en el caso de la explotación del carbón en Inglaterra, cómo la innovación tecnológica implica la reducción en la explotación de los recursos solo al inicio del ciclo. Jevons descubrió una regularidad que al día de hoy permanece oculta a los ojos de la política ambiental dominante; a saber, que con el transcurso del tiempo las nuevas tecnologías “ahorradoras” llevan a una mayor explotación de los recursos naturales.

Pero si el carbón es caro en un lugar y barato en otro, la fuerza motriz necesariamente será más barata allí donde el carbón es barato, porque allí se disfruta de la posibilidad de utilizar motores simples o perfectos. No hace falta decir que cualquier mejora del motor que no lo haga más costoso será fácilmente adoptado, especialmente por un pueblo emprendedor e ingenioso como los americanos (Jevons, 1865, pp. 6-7).

En los hechos, el resultado de la aplicación del modelo de desarrollo ha sido la aceleración de la destrucción ambiental a pesar de la utilización de las llamadas “tecnologías verdes”. La parábola de la llamada “Gran Aceleración”, o incremento ubicuo en los niveles de producción y de destrucción ecológica (figura 1), constituye una herramienta útil para dimensionar la diferencia entre una “crisis” y el “colapso” socioambiental de la actualidad.

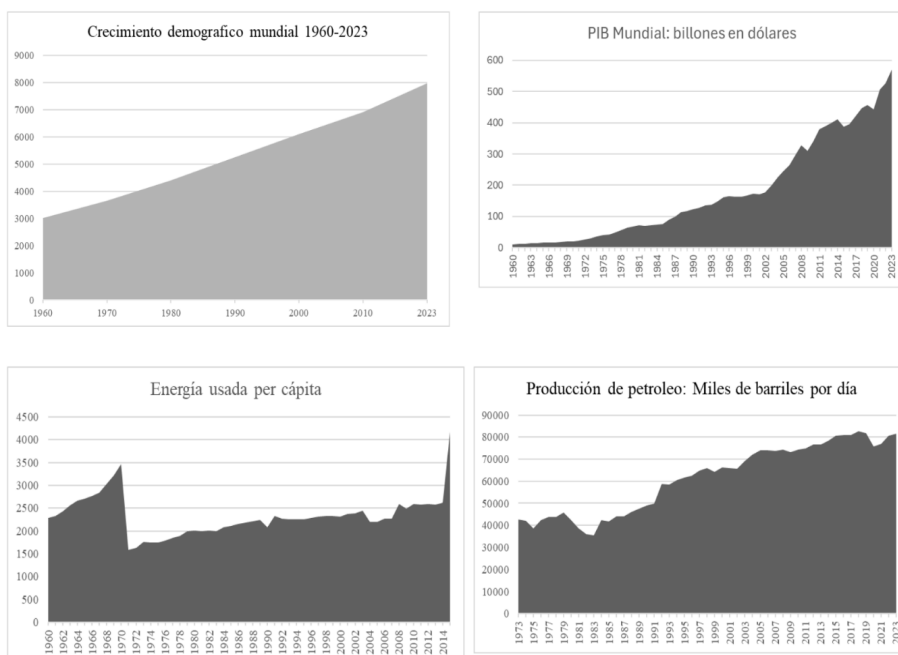
Stephen describe el fenómeno de la siguiente manera:

La segunda mitad del siglo XX es única en la historia de la existencia humana en la Tierra. Muchas actividades humanas alcanzaron puntos de despegue en algún momento del siglo XX y se han acelerado marcadamente hacia finales de siglo. Los últimos 50 años, sin duda hemos visto la transformación más rápida de la

relación humana con el mundo natural en la historia de la humanidad (Steffen *et al.*, 2015, p. 82).

Ciertamente, según señalan Sverdrup *et al.* (2013), contundentes “picos de Hubert” (la metodología más empleada para calcular los ritmos de depredación) han sido comprobados en el patrón de la explotación de los recursos naturales más demandados en el mercado mundial. La metáfora de las gráficas de desempeño en forma de “palo de hockey”, que aparece en los análisis estadísticos de gran parte de indicadores socioambientales (se trate del crecimiento demográfico, del consumo de alimentos, de la pérdida de la biodiversidad o del incremento de la temperatura mundial), transmiten con claridad el mensaje de la cercanía de los límites biofísicos del modelo de producción y la imposibilidad de revertir la destrucción. La gran aceleración describe con claridad el funcionamiento de la ley de la entropía en la economía.

Imagen 1 La gran aceleración



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de The Global Economy.

El escenario descrito, la proliferación de microprocesos entrópicos, señalado en la literatura especializada de la economía ecológica como la “Ruptura Metabólica”, constituye la esencia del problema socioambiental de la actualidad. Se trata de un proceso disruptivo por medio del cual la explotación permanente y acelerada de la naturaleza lleva al incremento en flecha de la entropía o, en palabras del ambientalismo convencional, a la destrucción de las condiciones propicias para el desarrollo de la vida tal como la conocemos (Foster, 2013).

Quizás la aportación teórico-metodológica más significativa de la Economía Ecológica consiste en interpretar el proceso económico y sus efectos ambientales como un flujo termodinámico, sujeto a las mismas leyes biofísicas que dieron origen al Universo. La idea de la entropía, al explicarnos con claridad aspectos clave de nuestra existencia cotidiana, nos ilustra cómo los sistemas tienden a llegar a niveles de equilibrio más caóticos-desordenados.

En términos de la teoría económica, una región se considera eficiente cuando logra maximizar el crecimiento de sus procesos socioeconómicos, biofísicos y políticos, minimizando al mismo tiempo el uso y la degradación de sus propios recursos. Como describe Georgescu-Roegen, el problema central en la generación de entropía radica en que, al tratarse de un proceso lineal, el crecimiento económico de una región requiere cada vez más zonas de sacrificio de las cuales extraer recursos, consumirlos y generar residuos a una velocidad que, en la mayoría de los casos, supera la capacidad de absorción de los sistemas ambientales (Georgescu-Roegen, 1996).

Así, desde una perspectiva termodinámica, el colapso socioambiental constituye el resultado de un proceso de crecimiento en flecha de la entropía en el planeta, ocasionado por el modelo económico y su esquema tecnológico de explotación de la energía y los materiales. Hoy sabemos que el detonador del desarrollo ha sido el modelo de mercado, esquema centrado en la quema de los combustibles fósiles, cuyo poder transformador es el más eficiente de la historia. La transformación termodinámica de los combustibles fósiles en energía mecánica para la transformación de la naturaleza en mercancías (y la correspondiente generación de desperdicio en forma de calor y desperdicios) constituye la esencia de la interpretación económico ecológica o entrópica del colapso socioambiental del siglo XXI.

2. La zona de sacrificio de la subcuenca Santiago-Guadalajara: un proceso micro entrópico acumulativo

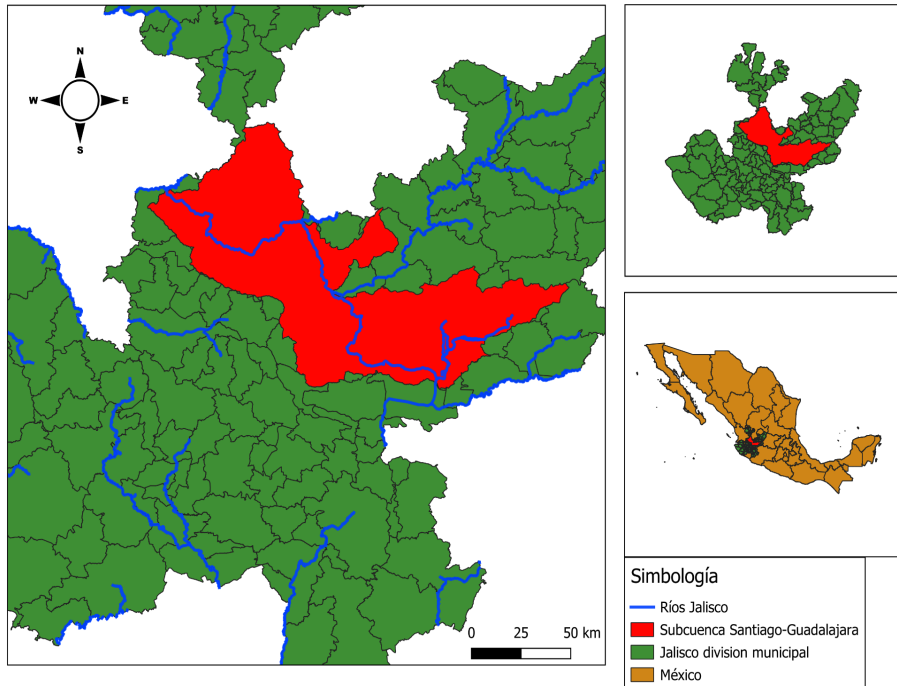
“Chernóbil a cámara lenta” (Fisher y Malkin, 2019).

La segunda ley de la termodinámica nos dice que, para mantener el equilibrio, los sistemas deben caracterizarse por tener un número reducido de microestados incompatibles con el macroestado donde se presenta el sistema. Si el número de microestados en disrupción aumenta más allá de sus límites de resiliencia, el sistema evoluciona hacia un nuevo equilibrio. Este nuevo estado, caracterizado por un nivel más alto de entropía o desorden, en astrofísica se conoce como el “Big Crunch” y en biología como la muerte. En economía, el nuevo estado de equilibrio aparece como el colapso ambiental propiciado, entre otros fenómenos, por la aparición de las zonas de sacrificio. Estas regiones se constituyen como una de las formas que toman los microestados de alta incompatibilidad con el macroestado.

Desde esta perspectiva, la posibilidad de la vida social depende de que la energía que fluye a través de un sistema produzca una acumulación mínima de microprocesos disruptivos. Sin embargo, el modelo de internacionalización de las economías genera estos espacios disruptivos de manera permanente y acelerada.

Presentamos el caso de la zona de sacrificio socioambiental de la subcuenca Santiago Guadalajara:

Mapa 1 Subcuenca Santiago-Guadalajara



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CONABIO, 2024.

La subcuenca Santiago Guadalajara forma parte de la cuenca hidrográfica del río Grande de Santiago. La región se encuentra asentada en el territorio de veintidós municipios, de los cuales los más significativos por su participación en la aceleración de la entropía son Arandas, Atotonilco, Tototlán, Zapotlanejo, Ocotlán, El Salto, Juanacatlán y los cuatro municipios del área de la Zona Metropolitana de Guadalajara. El principal cuerpo de agua es el río Grande de Santiago, con una extensión de 433 km, que surge de la laguna de Chapala y desemboca en el océano Pacífico. Esta pequeña región tiene una gran importancia estratégica en el proceso de integración hemisférica, y concentra los procesos más destructivos del occidente mexicano (COCURS, 2024).

La explosión demográfica y el crecimiento de la mancha urbana han sido un fenómeno incontrolable en la zona de estudio; esta zona

de sacrificio contaba en 1990 con una población de 3,225,251 habitantes, y en el año 2020 con 5,449,664 habitantes, lo cual significa una tasa de crecimiento del 68.97% (IIEG, 2010; IIEG, 2020). Según información oficial de la Secretaría de Economía, la transformación del espacio urbano estuvo acompañada del incremento en flecha de la actividad industrial, en particular de la maquiladora, desde la puesta en marcha del Tratado de Libre Comercio de 1994. Según cifras oficiales, en el año 2020 el monto total de las exportaciones de los principales municipios de esta zona de sacrificio alcanzó los 24,768.205 millones de pesos, lo cual evidencia cómo las dinámicas económicas han profundizado la presión sobre este territorio, y consolidado este modelo de desarrollo económico basado en zonas de sacrificio donde los costos socioambientales son ignorados por la promesa incansable del crecimiento económico (Secretaría de Economía, 2024).

Este fenómeno dio como resultado un cúmulo de problemas ambientales que se han exacerbado con el transcurso de los años. El incremento de la basura y de la planta vehicular y la proliferación de las plantas industriales han ocasionado la contaminación del agua, el aire y la tierra. Estudios de la propia Universidad de Guadalajara indican que la pérdida de servicios ecosistémicos dentro de esta zona de sacrificio ascienden en términos económicos a \$461,768,217.47 millones de pesos mexicanos desde el año 1997 hasta el 2018 (UdeG, 2024).

El colapso de los ecosistemas de la cuenca ha sido el resultado de una falla masiva de política pública que ha ofrecido la laxitud de las normas ambientales y la escasa inspección y control como incentivos a la inversión extranjera desde el inicio del desarrollismo industrial y, particularmente, desde la puesta en marcha del Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

Por su parte, la gratuidad del agua en la agricultura ha ocasionado la especialización en la producción y la exportación de mercancías intensivas en el uso del agua. *Comodities* como el aguacate o las frutillas, de las cuales Jalisco es el mayor exportador nacional, con \$443 millones de dólares, se vuelven más competitivas en los mercados internacionales debido a este factor de producción (Secretaría de Economía, 2023).

Mención aparte merece el caso del cultivo de agave tequilero, del cual se han producido anualmente 1,176,169 toneladas en promedio desde el año 2010 (Gobierno de México, 2022); esta práctica ha sometido a una formidable presión ambiental a toda la región norte de la

subcuenca. La contaminación de vinazas en los cuerpos de agua de la región y la consecuente eutrofización se han convertido en uno de los grandes desafíos ambientales de la subcuenca.

Las consecuencias sociales del colapso ambiental de la cuenca van desde la aparición de epidemias y el posicionamiento del estado de Jalisco en los primeros lugares de incidencia de enfermedades relacionadas con el deterioro ambiental, hasta el incremento en el gasto social en salud y la disminución de la calidad de vida.

Lo que se observa en la subcuenca es la consolidación de una zona que ha sido sacrificada en el proceso de integración hemisférica, junto con sus habitantes. Para la economía ecológica, la región ha sido objeto de una ruptura metabólica, derivada de la transgresión de los límites biofísicos y el concomitante incremento de la entropía.

Tal modelo de desarrollo ha generado un conjunto de conflictos ecológico distributivos a lo largo de la subcuenca; es decir, zonas de emergencia donde se hace evidente la distribución de los impactos entre “ganadores” y “perdedores”. La valoración de los impactos, en el método de la ecología política, disciplina hermana de la economía ecológica, permite determinar el signo social del desarrollo regional en relación con la generación de las zonas de sacrificio.

El futuro socioambiental de la región no ofrece perspectivas alentadoras. En las estrategias actuales de desarrollo, los gobiernos involucrados se han concentrado en ampliar los procesos de integración, comercio e inversión, lo cual implicará la profundización de los procesos descritos.

Conclusiones

Las zonas de sacrificio expresan de manera clara el carácter entrópico de la integración hemisférica. En el caso de la subcuenca Santiago-Guadalajara podemos observar las regularidades que caracterizan las zonas que, por sus características, han sido sacrificadas en aras del crecimiento económico.

El crecimiento urbano ha ocasionado un deterioro acelerado de los ecosistemas en los que se asienta la ciudad, afectando la biodiversidad, la masa boscosa, el agua y la calidad del aire, debido no solo al cambio del uso de suelo sino al impacto del incremento de la planta

vehicular y las descargas de desechos sólidos y las de aguas negras sin tratamiento.

El aumento de la actividad industrial en la zona maquiladora representa el factor más importante del deterioro ambiental, debido a agentes tóxicos vertidos masivamente en las aguas del río. Esta producción de alta entropía se expresa, desde la perspectiva de la sustentabilidad, en la constante destrucción de los recursos naturales.

En segundo lugar, el crecimiento en flecha de la actividad agroindustrial en la región, en particular la producción aguacatera, de frutilla y de agave tequilero, constituye factores que han contribuido al colapso socioambiental de la región.

Cada uno de los fenómenos descritos constituye, desde la perspectiva de la termodinámica del metabolismo social de la zona de estudio, microprocesos disruptivos que caracterizan el avance entrópico generalizado que son la causa fundamental del colapso de la subcuenca Santiago Guadalajara.

De esta manera, los procesos identificados en la zona de estudio, derivados del modelo de integración hemisférica, representan evidencia del carácter transnacional del incremento de la entropía. La nueva configuración geoeconómica nos plantea un futuro incierto para las regiones sacrificadas y un tema relevante para la Ecología Política.

Bibliografía

- Barreda, V. M. X. (2021). Territorios de sacrificio. Un dispositivo biopolítico de control para la apropiación y degradación de la vida en México. *Ecología Política*, (61), 62–66. Disponible en: https://www.ecologiapolitica.info/wp-content/uploads/2021/07/061_Barreda_2021xzc.pdf
- Comisión Estatal del Agua (CEA) (s/f). Cuenca: Santiago – Guadalajara. Disponible en: https://www.ceajalisco.gob.mx/contenido/cuencas_jalisco/santiago-guad.php
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (2024). Portal de Información Geoespacial (Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad -SNIB). Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Consejo de Cuenca del Río Santiago (COCURS) (s/f). La cuenca. Disponible en: <https://www.cocurs.mx/?articulo=248>

- Fisher, S. y Malkin, E. (2019, diciembre 30). 'A Slow-motion Chernobyl': How Lax Laws turned a River into a Disaster. The New York Times. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2019/12/30/world/americas/mexico-environment-trade.html>
- Foster, J. B. (2013). Marx y la fractura en el metabolismo de la naturaleza. *Monthly Review*, 65(7), 1–18. Monthly Review Foundation. Disponible en: <https://laelectrodomestica.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/07/foster-jb-marx-y-la-fractura-en-el-metabolismo-universal-de-la-naturaleza.pdf>
- Galeano, E. (1993). Las palabras andantes. Siglo XXI Editores. Disponible en: https://resistir.info/livros/galeano_las_palabras_andantes.pdf
- Georgescu-Roegen, N. (1996). La ley de la entropía y el proceso económico (I. Fernández Buey y J. R. Vega, Trad.). Fundación Argentaria. (Trabajo original publicado en 1971).
- Gobierno de México (2022). El tequila ha generado una industria económicamente muy activa. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-tequila-ha-generado-una-industria-economicamente-muy-activa?idiom=es#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20nacional%20de%20agave,un%20mill%C3%B3n%20583%20mil%20toneladas>.
- Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco (IIEG) (2010). Población total por edad desplegada según sexo y municipio, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010. Disponible en: https://iieg.gob.mx/ns/?page_id=41899
- — — (2020). Población total por edad desplegada según sexo y municipio, 2020. Disponible en: https://iieg.gob.mx/ns/?page_id=41899
- Jevons, W. S. (2009). The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal-mines. (Trabajo original publicado en 1865). Disponible en: https://www.inist.org/library/1865.Jevons.The_Coal_Question.Macmillan.pdf
- Krauss, L. (2024). Un universo de la nada. El origen sin creador. Editorial Pasado & Presente. Disponible en: <https://cuspide.com/producto/un-universo-de-la-nada/>
- Marcuse, H. (1993). El hombre unidimensional. (A. Elorza, Trad.). Ariel. (Trabajo original publicado en 1964). Disponible en: https://monoskop.org/images/9/92/Marcuse_Herbert_El_hombre_unidimensional.pdf
- Ruiz, J. A., Martínez, M. P. y Figueroa, A. (2015). Importancia del “efecto rebote” o paradoja de Jevons en el diseño de la política ambiental. *Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(27), 49–59. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/750/75045730009.pdf>
- Secretaría de Economía (2023). Data México: Frutilla fresca. Disponible en: <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/strawberries-strawberries-fresh?timeNetTradeSelector=Year>

- — — (2024). Data México. Disponible en: <https://www.economia.gob.mx/datamexico/>
- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O. y Ludwig, C. (2015). The Trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/2053019614564785>
- Sverdrup, H., Koca, D. y Ragnarsdottir, K. V. (2013). Peak Metals, Minerals, Energy, Wealth, Food, and Population: Urgent policy considerations for a sustainable society. *Journal of Environmental Science and Engineering*, B, 2(4), 189–222. Disponible en: <https://www.davidpublisher.com/Public/uploads/Contribute/55190fd49c678.pdf>
- Universidad de Guadalajara (2024). Narrador digital para la sustentabilidad. Recuperando las voces de los habitantes en la cuenca alta del río Santiago, Jalisco. Disponible en: <https://storymaps.arcgis.com/stories/882b6659d8c140549af2ae56996c011e>

