

Universidad Politécnica Salesiana

# AntropologíaS

---

**Múltiples perspectivas  
para el estudio del ser humano**

Luis Fernando Garcés Velásquez,  
Luis Miguel Carranza Peco  
(Coordinadores)



*Luis Fernando Garcés Velásquez*  
*Luis Miguel Carranza Peco*  
(Coordinadores)

# **ANTROPOLOGÍAS**

---

## **Múltiples perspectivas para el estudio del ser humano**



ABYA  
YALA | UPS

2021

## ANTROPOLOGÍAS

### MÚLTIPLES PERSPECTIVAS PARA EL ESTUDIO DEL SER HUMANO

© Luis Fernando Garcés Velásquez, Luis Miguel Carranza Peco (Coordinadores)

Autores: *Álvaro Gómez Peña, Gabriela Bernal Carrera, Luis Fernando Garcés Velásquez, José Antonio Cabrera Rodríguez, José Enrique Juncosa Blasco, Luis-Gethsemaní Pérez-Aguilar, Luis Miguel Carranza Peco, María del Carmen Ramírez Cañas, Paola Daniela Castro Molina, Saúl Uribe Taborda.*

1ra edición: Universidad Politécnica Salesiana  
Av. Turuhuayco 3-69 y Calle Vieja  
Cuenca-Ecuador  
Casilla: 2074  
P.B.X. (+593 7) 2050000  
Fax: (+593 7) 4 088958  
e-mail: rpublicas@ups.edu.ec  
www.ups.edu.ec

CARRERA DE ANTROPOLOGÍA  
Grupo de Investigación Estudios de la Cultura

ISBN impreso: 978-9978-10-613-6

ISBN digital: 978-9978-10-615-0

Edición, diseño,  
diagramación  
e impresión Editorial Universitaria Abya-Yala  
Quito-Ecuador

Portada: Ilustración digital de Hiram Garcés  
e-mail: garceshiram@gmail.com

Tiraje: 300 ejemplares

Impreso en Quito-Ecuador, diciembre de 2021

Publicación arbitrada de la Universidad Politécnica Salesiana

El contenido de este libro es de exclusiva responsabilidad de los autores



# Índice

---

Sobre los autores .....	5
Presentación	
<i>Luis Miguel Carranza Peco y Luis Fernando Garcés Velásquez</i> .....	11
“Hacer vivir la voz”: reflexionando desde textualidades escriturales andinas y amazónicas	
<i>Luis Fernando Garcés Velásquez y José Enrique Juncosa Blasco</i> .....	15
El imperativo energético de las leyes de la termodinámica a las sociedades humanas	
<i>Luis-Gethsemani Pérez-Aguilar</i> .....	45
Poder y colonialismo en la Amazonía sur oriental de Ecuador	
<i>Saúl Uribe Tabora</i> .....	77
El concepto de alma primitiva en la obra de Lévy-Bruhl y su aplicación al Antiguo Egipto	
<i>Álvaro Gómez Peña y José Antonio Cabrera Rodríguez</i> .....	99
De las técnicas corporales a la signografía. Una comparación corporal, textual y gráfica en el campo religioso de las Pascuas de los ranchos de Puna de Potosí, Bolivia	
<i>Paola Daniela Castro Molina</i> .....	135
Un marco teórico darwinista para el estudio de la evolución cultural del ser humano	
<i>Carmen Ramírez Cañas y Luis Miguel Carranza Peco</i> .....	175
Tránsitos entre “lo propio” y “lo ancestral”: jóvenes indígenas, redes y política	
<i>Gabriela Bernal Carrera</i> .....	207

# El imperativo energético de las leyes de la termodinámica a las sociedades humanas

---

Luis-Gethsemaní Pérez-Aguilar<sup>1</sup>

A Josefa Olivero, que me enseñó a crecer amando y respetando el campo.

## **Introducción: “¡Lisa, haz el favor, en esta casa obedecemos las leyes de la termodinámica!”**

De niño estudié en el Colegio Público Concepción Vázquez de Alcalá de Guadaíra —Sevilla—. Recuerdo cuando la maestra M<sup>a</sup> Luisa Arredondo nos explicó el sistema digestivo. La profesora le preguntó a José, uno de mis compañeros, que para qué servía la comida. Quizás por los nervios o por no haber atendido lo suficiente en clase, mi amigo le contestó que la comida no servía para nada. A lo que la maestra, que solía ser muy paciente y buena, le dijo casi a regañadientes: “¿Entonces tus padres, que trabajan y compran comida para alimentarte, lo hacen para nada!?”. La respuesta, evidentemente, era que la comida sirve para nutrirnos de energía, algo que es esencial para la vida. En todas las casas, también en la de José, se obedecen las leyes de la termodinámica.

Este recuerdo me lleva hacia otro que tuvo lugar muchos años después, cuando recibí clases prácticas para obtener mi permiso de conduc-

---

1 Instituto de Arqueología-Mérida (CSIC-Junta de Extremadura). [Lgpa@iam.csic.es](mailto:Lgpa@iam.csic.es)

ción. Con Francisco, el profesor que me enseñó a manejar el automóvil solía tener interesantes conversaciones de política, historia, ciencia y de filosofía a la par que escuchábamos la radio y circulábamos durante una hora diaria. Era su estrategia para que aprendiéramos a estar atentos a lo que pasaba dentro y fuera del coche y a perder el nerviosismo. Un día, mofándose de Descartes, Francisco me dijo: “Mi lema es “pienso, luego existo”, pero pienso del que se come”, expresando así su postura materialista de la vida. Con el tiempo me di cuenta que toda la existencia humana pivota o se articula en torno al “pienso” del que me hablaba Francisco, porque comer es la base de nuestra existencia, e imperativo de la segunda ley de la termodinámica. Pero vayamos por partes.

## **Energía, vida y evolución**

Una tarde de invierno, navegando por Internet, leí en un blog una curiosa historieta anónima —de tener autoría conocida, ruego disculpas a su autor por no citarle—. Un viejo pez se aproximó a uno más joven y le preguntó “Buenos días, ¿qué tal está el agua?”, a lo que el joven pez le contestó con otra pregunta: “¿El agua? ¿Qué es el agua?”. El alevín, pese a vivir rodeado del vital fluido, todavía no se había percatado de su existencia.

Los que nos dedicamos a las ciencias antropológicas estamos tan inmersos en el estudio del ser humano —nuestro objeto/sujeto de análisis— que en notables ocasiones ni siquiera nos planteamos preguntas fundamentales que están en la base de su existencia. Tu música y literatura favorita, las series o películas que sueles ver, las obras de arte, la arquitectura, la moda, el fútbol o el baloncesto, e incluso tu libro preferido de filosofía postmoderna existen porque nos alimentamos. Y tú puedes disfrutar de todas estas cosas y de las experiencias que las rodean gracias a que cada día te alimentas con comida y respiras oxígeno. Y lo haces porque la segunda ley de la termodinámica te obliga, aunque ni siquiera seas consciente de ello.

La termodinámica es la rama de la física que estudia todo lo concerniente a las transferencias energéticas. El enunciado de la primera de

sus leyes viene a decir que la energía ni se crea ni se destruye, sino que está constantemente transformándose. Todos los seres humanos somos “maquinas” metabólicas, puesto que para vivir estamos constantemente transformando energía (cf. Schneider y Kay, 1999; Schneider y Sagan, 2009). El ecólogo Ramón Margalef (1980, p. 3) comentaba que los seres vivos solo pueden aprovechar dos tipos de energía: la electromagnética de longitud de onda relativamente corta y la energía química. En nuestro planeta, las especies capaces de hacer la fotosíntesis son las que aprovechan el primer tipo de energía, emitida por el Sol. Estos seres vivos son capaces de transformar parte de la luz solar y moléculas de  $\text{CO}_2$  y de  $\text{H}_2\text{O}$  en energía química que almacenan a modo de azúcares.

Pero el organismo del ser humano, en cuanto a miembro del reino animal, metaboliza directamente energía química que obtiene a través de alimentos de origen animal y vegetal (Odum, 1980, pp. 14-16). Este proceso tiene lugar en las mitocondrias celulares. En estos orgánulos se genera energía eléctrica cuando las moléculas de hidrógeno que incorporamos a través de la alimentación reaccionan con el oxígeno que respiramos, produciéndose una reacción de reducción-oxidación —redox—, que a fin de cuentas implica la disipación de un gradiente químico (Schneider y Sagan, 2009, pp. 74-75, 328). El hidrógeno y el oxígeno tienen números atómicos distintos. El primero dispone de un electrón, mientras que el segundo tiene ocho. Cuando un átomo de oxígeno interacciona con uno de hidrógeno cede electrones, al tener más, mientras que el átomo de oxígeno, que dispone de menos electrones, los acepta. O, dicho de otro modo, el agente reductor —el oxígeno— se oxida al ceder electrones, mientras que el agente oxidante —el hidrógeno— se reduce, al disminuir su capacidad oxidante. La eliminación de este gradiente químico genera energía, siendo esta transferida a través de las membranas mitocondriales a una molécula que la almacena, el trifosfato de adenosina —ATP—. Es esta molécula la que, al descomponerse, libera la energía que nuestro organismo necesita para vivir (Pérez-Aguilar, 2021, pp. 33-34).

Pero el tipo de metabolismo que acabamos de describir es de carácter endosomático, ya que comprende el conjunto de reacciones y

procesos bioquímicos que tiene lugar a nivel celular, siendo este fundamental para que el individuo mantenga activa su estructura orgánica y sus funciones vitales básicas (Ramos, 2012, p. 72). El promedio energético diario que un miembro de *Homo sapiens* requiere consumir a nivel endosomático equivale a 120 vatios —W—, con una desviación estándar de 24 W (Margalef, 1988, pp. 30-32). Pero además del metabolismo endosomático cabe hablar de otro de carácter exosomático, definido por la necesidad que tiene el individuo o grupo de incorporar energía de cara a mantener conductas o aspectos culturales,<sup>2</sup> siendo tal aporte energético elemental para la existencia de la sociedad (Ramos, 2012, p. 72) y del propio metabolismo endosomático de sus componentes. Para el caso de nuestra especie, la cantidad de energía que moviliza el metabolismo exosomático —iluminación, calefacción, transporte, vivienda, etc.— es muy superior a la que se requiere a nivel endosomático. En las sociedades industriales y urbanitas de finales del siglo XX, un individuo promedio solía emplear al día entre 1500 y 2000 W, con una desviación estándar de 2270 W.<sup>3</sup> Esto significa que a nivel exosomático consumimos entre 12 y 16 veces más energía que a nivel endosomático

- 2 La noción que manejamos de “cultura” es la etológica, definiéndola como el componente extrasomático del fenotipo (Dawkins, 2017), o dicho de otro modo, el comportamiento no innato, el que se transmite mediante imitación y/o aprendizaje (Boyd y Richerson, 2005, p. 4), pudiendo tener lugar dicha transmisión de padres a hijos —transmisión vertical—, entre miembros de generaciones distintas, pero sin que exista parentesco directo entre ellos —transmisión oblicua o sesgada— o entre individuos de una misma generación, sin que medien directamente relaciones relevantes de parentesco o edad —transmisión horizontal o sincrónica— (Cavalli-Sforza, 2007, pp. 121-122). De este modo, la cultura comprende a las distintas formas de organizarse a nivel social y político —incluyendo todo lo relacionado con el mundo militar—, las diferentes estrategias económicas, el amplio espectro de creencias y prácticas religiosas, así como los diferentes tipos de arte, ocio y entretenimiento —literatura, pintura, música, cine, juegos, deportes, tauromaquia, etc.—.
- 3 Una desviación estándar tan alta pone de manifiesto la gran desigualdad social que existe en lo referente al consumo energético a nivel exosomático, más acentuada aún que la endosomática. A nivel económico esto se traduce en sociedades con un amplio porcentaje de pobres y un número mínimo de ricos (Margalef, 1988, p. 32).



(Margalef, 1988, p. 32).<sup>4</sup> Presumiblemente estas cantidades han tenido que aumentar considerablemente en los albores del siglo XXI. Si bien de momento no disponemos de estudios generales que aborden tales asuntos en clave energética, algunos datos parciales así parecen indicarlo. Para el periodo comprendido entre los años 1971 y 2014, el consumo mundial de energía eléctrica *per capita* ha pasado de 1200,154 kWh a 3131,68 kWh;<sup>5</sup> mientras que el uso de energía *per capita* medido en kg de equivalente de petróleo ha pasado de 1337,612 kg a 1922,13 kg.<sup>6</sup>

Ahora bien, ¿por qué necesitamos constantemente incorporar energía, ya sea a nivel endosomático o exosomático? Para poner en perspectiva esta cuestión se debe poner sobre la mesa la tremenda significancia de la segunda ley de la termodinámica. Esta dicta que en todo proceso de transferencia energética —primera ley— hay un porcentaje de energía que deja de ser operativa, que se degrada o disipa a modo de calor y que no puede ser reaprovechada, y al que se denomina entropía (Schneider y Kay, 1999, p. 224; Atkins, 2008, pp. 65-66; Schneider y Sagan, 2009, pp. 56, 66; Ben-Naim, 2011, pp. 28-30). Desde la termodinámica clásica se concibe que en todo sistema energético la entropía está constantemente incrementándose, con lo que la exergía —la energía libre u operativa— tiende a disminuir (Schneider y Kay, 1999, pp. 223-224).

Esto desembocó en una conclusión que vino a denominarse “la muerte térmica del universo”. Las primeras leyes de la termodinámica se derivaron de estudios científicos de ingenios —tales como la máquina

---

4 Debe señalarse que la notable diferencia existente en el manejo de energía exosomática entre las sociedades industriales y las preindustriales ha sido posible gracias al suplemento de la energía procedente de combustibles fósiles como el carbón y el petróleo (Cook, 1975, pp. 425-426; Odum, 1980, pp. 18-19).

5 Estadísticas de la Agencia Internacional de la Energía —AIE—, según el Banco Mundial. En: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.ELEC.KH.PC> (Consultada a 25/11/2021).

6 Estadísticas de la Agencia Internacional de la Energía —AIE—, según el Banco Mundial. En: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.PCAP.KG.OE> (Consultada a 25/11/2021).

de vapor— o de ensayos controlados en laboratorios —p. ej. experimentando con gases a distintas temperaturas— que podían conceptualizarse como sistemas energéticos cerrados o aislados. El principal rasgo que caracteriza a un sistema energético cerrado es que dispone de una frontera que limita la permeabilidad de materia y energía (Margalef, 1980, pp. 4-6; Atkins, 2008, pp. 15-16). Si se entiende que el universo en su conjunto es un gran sistema energético cerrado, el aumento constante de la entropía y la disminución progresiva de la exergía harían que, a la larga, tras alcanzarse un punto de máxima entropía, este “muriese” de frío, y que todos los procesos que tienen lugar dentro él se “congelasen”, al haberse logrado un estado de equilibrio termodinámico entre todas sus partes (Schneider y Sagan, 2009, p. 29).

La única excepción a este proceso teórico era la evolución de la vida, ya que mientras el universo tendía a la inoperatividad atómica o molecular que implicaba la creciente tendencia de la entropía, los organismos vivos parecían recorrer el sentido contrario, ya que estos progresivamente incrementaban su complejidad mediante un cada vez mayor procesado de energía. Así, muchos intelectuales del siglo XIX y principios del XX llegaron a pensar que la vida contradecía a la segunda ley de la termodinámica (Schneider y Sagan, 2009, p. 32). Estas ideas no solo tuvieron repercusiones en el campo de la física y de la ingeniería, sino que poco más tarde trascenderían a otros ámbitos del conocimiento, tales como las ciencias sociales y humanas (Pérez-Aguilar, 2019; Pérez-Aguilar, 2021, pp. 57-69), teniendo eco, p. ej., en las obras de influyentes antropólogos norteamericanos como Leslie A. White (1982 [1949], pp. 340-341) o Marshall D. Sahlins y Eldman R. Service (1960, pp. 23-39) entre otros.

Sin embargo, esta aparente contradicción entre las trayectorias de la materia orgánica e inorgánica fue resuelta por Erwin Schrödinger en 1943 en su célebre ciclo de conferencias *What is life? The physical aspect of the living cell*, asentándose la base de lo que luego se denominaría termodinámica del no equilibrio, de sistemas abiertos e incluso termo-

dinámica de la vida (Murphy y O'Neill, 1999, pp. 10-12; Schneider y Sagan, 2009, p. 41):

Un organismo vivo evita la rápida degradación al estado inerte de “equilibrio”, y precisamente por ello se nos antoja tan enigmático. [...] ¿Cómo evita la degradación el organismo vivo? La contestación obvia es: comiendo, bebiendo, respirando, fotosintetizando, etcétera. El término técnico que engloba todo eso es *metabolismo*. La palabra griega de la que deriva [...] significa cambio o intercambio. ¿Intercambio de qué? [...] ¿Qué es, entonces, ese precioso algo contenido en nuestros alimentos y que nos defiende de la muerte? Esto es fácil de contestar. Todo proceso, suceso o acontecimiento —llámese como quiera—, en una palabra, todo lo que pasa en la Naturaleza, significa un aumento de la entropía de aquella parte del mundo donde ocurre. Por lo tanto, un organismo vivo aumentará continuamente su entropía o, como también puede decirse, produce entropía positiva —y por ello tiende a aproximarse al peligroso estado de entropía máxima que es la muerte—. Solo puede mantenerse lejos de ella, es decir, vivo, extrayendo continuamente entropía negativa de su medio ambiente [...]. De lo que un organismo se alimenta es de entropía negativa. O, para expresarlo menos paradójicamente, el punto esencial del metabolismo es aquél en el que el organismo consigue librarse a sí mismo de toda la entropía que no puede dejar de producir mientras está vivo. (Schrödinger, 2008 [1944], pp. 110-112)

Los postulados clásicos de las leyes de la termodinámica se habían cimentado sobre la noción de los sistemas energéticos cerrados; sin embargo, los sistemas energéticos reales no se encuentran aislados en términos absolutos (Gribbin, 2006, p. 55),<sup>7</sup> sino que en mayor o menor grado pierden e incorporan energía a través de sus límites, siendo el balance entre el *output* y el *input* energético fundamental para el mantenimiento de la estructura y propiedades del sistema. El *output* es el re-

---

7 Ni siquiera el universo en su conjunto es un sistema cerrado, ya que su constante proceso de contracción-expansión renueva permanentemente la dinámica disipativa de gradientes energéticos a nivel cosmológico, esquivándose así la muerte térmica del mismo (Margalef, 1998, p. 895).

sultado inmediato del incremento de la entropía —la entropía positiva de la que hablaba Schrödinger—. La energía que cualquier organismo procesa para vivir pierde operatividad en forma de calor que se disipa en el entorno. Para contrarrestar su efecto, los seres vivos ocupan nichos ecológicos en el marco de los ecosistemas, practicando estrategias de captación de recursos encaminadas a satisfacer las necesidades del metabolismo endosomático y exosomático —el *input* energético, denominado por Schrödinger y otros como entropía negativa o neguentropía—. Esta compensación energética es una respuesta teleomática destinada a corregir un gradiente energético originado por la acción de la segunda ley de la termodinámica, principio que, por paradójico que resulte, ordena la vida desorganizándola: el orden a partir del desorden o desorden productivo (Schneider y Kay, 1999, pp. 222, 226-227; Schneider y Sagan, 2009, p. 47; Tyrtania, 2009, pp. 81-82, 92-93).

Pero, además, para comprender de una forma más realista el constante balanceo entre el *output* y el *input* energético, debemos tener en cuenta que la energía no se reparte ni se transfiere de forma isométrica a lo largo de la red trófica terrestre. Los productores primarios, tales como el fitoplancton, las algas pluricelulares o los vegetales, aprovechan menos del 1 % de la energía solar (Margalef, 1988, p. 31). Estos a su vez son la base alimenticia de los productores secundarios, caso de los herbívoros, quienes tan solo aprovechan aprox. un 10 % de la energía de los primeros a nivel de metabolismo endosomático, y así sucesivamente conforme se asciende en la pirámide de relaciones tróficas (Shawcross, 1972, p. 581; Margalef, 1988, p. 22).

Los seres vivos somos, por tanto, sistemas termodinámicos abiertos y en constante desequilibrio energético, y para alejarnos del estado de equilibrio requerimos un constante aporte de energía que captamos de los ecosistemas a través de los nichos ecológicos que ocupamos en estos (Schneider y Sagan, 2009). La teoría de sistemas clásica, fundamentada en el principio o tendencia al equilibrio sistémico, queda así desacreditada por la termodinámica del no equilibrio. Muchos sistemas

que aparentemente parecen estar en equilibrio realmente no lo están. Se trata de un error perceptivo y analítico. El equilibrio energético se alcanza cuando se llega a un estado de máxima entropía y de mínima exergía dentro del sistema, no cambiando ninguna variable de este en el tiempo a partir de ese punto crítico, lo que implica la desmembración o el colapso del sistema (Pérez-Aguilar, 2021, pp. 30-31). Lo que por regla general observamos son sistemas metaestables o próximos al equilibrio. En estos, para mantenerse la constancia de sus variables, se necesita de un gran e incesante “flujo” de materiales y energía a través de sus fronteras y a partir de la interrelación con otros sistemas, por lo que realmente están disipando gradientes energéticos a pesar de que parezcan estáticos (Schneider y Sagan, 2009, pp. 115, 124-125). Debido a esta dinámica, la producción de entropía dentro del sistema es mínima, pero ello solo es posible gracias a que la entropía aumenta en esos otros sistemas con los que se interactúa. Esto es lo que se denomina “principio de Prigogine-Waime” o “hipótesis del equilibrio local” (Tyrtania, 2009, p. 99). Debido a ello los sistemas metaestables suelen incrementar su complejidad a lo largo del tiempo, pero dicha complejidad pende de un hilo, al fundamentarse en el aumento del desorden de los sistemas con los que se interacciona.

Sin embargo, tanto los sistemas orgánicos como los inorgánicos concretos o particulares terminan alcanzando tarde o temprano un estado de equilibrio termodinámico. En el momento en el que el *input* no puede contrarrestar al *output* durante el proceso de disipación de gradientes energéticos, la entropía tiende a aumentar al máximo, provocando así el colapso del sistema (Espinoza y Ortiz, 2014, pp. 94-96). En los seres vivos esta interrupción de las funciones vitales suele ocurrir por factores degenerativos derivados de la edad, enfermedades o por algún tipo de agresión violenta (Pérez-Aguilar, 2021, p. 35). Sin embargo, lo que hace peculiar a los sistemas energéticos biofísicos respecto a los inorgánicos complejos —p. ej. las células de Bénard, los tornados o los remolinos—, es que los primeros tienen la capacidad tanto de buscar nuevos suministros como de replicar sus estructuras, dando paso

a “nuevas máquinas metabólicas” que continúen el proceso disipativo, esquivando en cierto sentido la “muerte termodinámica” (Schneider y Kay, 1999, pp. 225-226; Margulis, 2003, p. 280; Schneider y Sagan, 2009, pp. 152-165). Es en este punto donde la termodinámica del no equilibrio conecta con la teoría darwiniana de la evolución,<sup>8</sup> ya que durante el proceso de reproducción biológica se producen cambios que otorgan a sus portadores ventajas o desventajas selectivas en función de su aportación al *fitness*, reteniéndose diferencialmente aquellas tendencias que a la larga potencian que el ciclo de reducción de gradientes energéticos siga su curso (Margalef, 1998, p. 898). Esto último es lo que se conoce como el “principio de Lotka”, que postula que el resultado de los procesos de selección es el incremento de la biomasa y de la energía total del sistema (Tyrtania, 2009, p. 88).

Tras haber delineado esta serie de nociones teóricas elementales, y como si de una excavación arqueológica se tratase, vamos a exponer ahora tres casos de estudio. Iremos desde el “estrato” más reciente hacia el más antiguo. A través de ellos tocaremos temáticas distintas, aunque evidentemente interrelacionadas: sociedad, economía, política, estrategias de ocupación del territorio, simbolismo y arquitectura. Con ellos trataremos de ejemplificar la importancia de estos principios energéticos a la hora de comprender e interpretar la evolución de las sociedades y culturas humanas.

## **Campesinado vs capitalismo: la proletarización del campesinado mexicano a finales del siglo XX**

Como caso de estudio más cercano en el tiempo expondremos el ejemplo de la proletarización del campesinado que tuvo lugar a finales del pasado siglo XX en México. Para ello nos centraremos en un reciente

---

8 Para profundizar en la teoría darwiniana y en su aplicación al campo de la antropología véanse, entre otros, Pérez-Aguilar (2021) y el capítulo que en esta misma obra firman Ramírez Cañas y Carranza Peco.

trabajo de José Luis Arriaga y Juan Jesús Velasco (2017) donde abordan esta problemática antropológica desde un enfoque energético.

La Revolución Mexicana (1910-1917/21) puso fin a un modelo de explotación del campo centrado en el latifundio porfirista. De forma paralela a la lucha armada se inició un proceso de reforma basada en la ley agraria del 06 de enero de 1915, y que promovía el ejido: pequeños lotes de tierras que se fueron repartiendo entre millones de familias campesinas, que representaban a más del 70 % de la población mexicana. Este proceso de redistribución de la tierra duró varias décadas y afectó aproximadamente al 52 % de la superficie nacional, beneficiándose del mismo un total de 42 millones de campesinos (Arriaga y Velasco, 2017, pp. 61, 74).

Las familias campesinas se definen como unidades operantes de la tierra “en las que no hay una separación entre los medios de producción y el trabajo, por lo tanto, hay unidad entre la producción y el consumo, que se erige básicamente a partir de la fuerza de trabajo familiar” (Arriaga y Velasco, 2017, p. 58). Estos autores ponen sobre la mesa datos del Banco de México según los cuales, a la altura de 1963, el 72 % de las familias que vivían en el mundo rural mexicano eran campesinas (Arriaga y Velasco, 2017, p. 59), pues su principal medio de subsistencia giraba en torno a la explotación agropecuaria del ejido, del cual obtenían —mediante el trabajo familiar— la base energética para mantenerse y reproducirse a nivel individual y socioculturalmente. Se trata, por tanto, de una estructura social de disipación de energía donde la familia campesina funciona como unidad productiva y de consumo (Arriaga y Velasco, 2017, p. 73). El modo de vida campesino, además de por una elevada tasa de autoconsumo, se caracteriza por disponer de una serie de creencias y de normas que sancionan socialmente a los miembros que abusan y sobreexplotan los recursos con una finalidad crematística (Arriaga y Velasco, 2017, p. 75).

Este panorama parece cambiar en las tres últimas décadas del siglo XX. En 1992 las actividades agropecuarias proporcionaban tan solo el

36.6 % de los ingresos de las familias campesinas, porcentaje que en las primeras décadas del siglo XXI parece ser inferior al 10 %. En el México actual el sector primario está en manos de agroempresas, y los mexicanos que habitan en las zonas rurales ya no viven directamente del campo,<sup>9</sup> sino que trabajan como mano de obra asalariada para tales agroempresas u otras fuentes de capital de los sectores secundario y terciario, quedando igualmente asistidos por subsidios gubernamentales. En otras palabras, a finales del siglo XX se asiste a un proceso de “descampesinización” o de proletarización del campesinado que legalmente terminó encontrando su amparo en la reforma del art. 27 de la constitución promovida por Carlos Salinas, entre enero y febrero de 1992 (Arriaga y Velasco, 2017, pp. 59-62). Este otro proceso fue parejo a la capitalización de la propiedad rural y a la migración del campo a la ciudad.

Arriaga y Velasco (2017) entienden que detrás de este proceso sociocultural lo que hay es la sustitución de una estructura disipativa de energía basada en la economía campesina por otra centrada en la economía de mercado capitalista, y en la que los habitantes del campo requieren vender su fuerza de trabajo a cambio de un salario con el que adquirir bienes y servicios ajenos a los ejidos: alimentos, gas, electricidad, combustibles fósiles, ropa, productos tecnológicos, etc. Este cambio ha hecho que la familia deje de ser la unidad operante dentro de la estructura disipativa, ya que el trabajo de sus miembros, y el sueldo que este les reporta, se invierte en última instancia en la adquisición de bienes de consumo que no son producidos por ellos mismos —deslocalización de la economía—. A esto cabe añadir que los medios de producción también escapan al control de la familia, al pertenecer a inversores particulares o sociedades que se benefician del plusvalor del trabajo proletario. Toda esta situación ha hecho que a hoy por hoy el 35.4 % de los hogares rurales mexicanos presenten una inseguridad ali-

---

9 El número de unidades de producción campesina ha descendido hasta alcanzar una cifra inferior a 3.9 millones, según los datos de la SAGARPA (Arriaga y Velasco, 2017, p. 61).



mentaria acuciante, según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. Para explicar la sustitución de una estructura disipativa por otra estos autores acuden a la teoría de Richard N. Adams (2001 y 2007), basada en el principio de Lotka, que sostiene que “los sistemas que captan más energía [...] obtendrán una ventaja selectiva por encima de los demás” (Arriaga y Velasco, 2017, p. 80).

En lo fundamental, consideramos acertada la interpretación de estos autores. Pero conviene detallar cómo se articula la sustitución de una estructura disipativa por otra en términos evolutivos. Para ello es menester tomar en consideración que el modelo de producción capitalista es capaz de movilizar, en comparación al campesino, una mayor cantidad de energía (cf. Cook, 1975). Esto es así gracias a diversos factores tales como la mecanización y el desarrollo tecnológico y científico aplicado a la producción, el mito del crecimiento ilimitado, la competencia a la baja en los salarios de los trabajadores para abaratar costos de producción, las deslocalizaciones de las empresas en búsqueda de mano de obra barata, etc. A pesar de suponer una merma en la calidad de vida en las familias rurales mexicanas, esta estructura disipativa se impuso a la campesina porque al movilizar una mayor cantidad de energía permite sostener una mayor cantidad de vida, razón por la cual la estrategia ha sido retenida diferencialmente a nivel selectivo (cf. Pérez-Aguilar, 2021, pp. 90, 104-105, 121-122), siendo el campesinado mexicano cada vez más una realidad residual en el país. El resultado de ello es que, si observamos la evolución demográfica de México entre los años 1900 y 2000, observamos cómo a partir de las décadas de 1970-1990 se incrementó más del doble respecto a décadas anteriores (figura 1).

Con esto no estamos justificando un sistema económico sobre otro, pues nuestra intención científica no es prescriptiva, sino descriptiva (Pérez-Aguilar, 2018a, p. 115). Los ciudadanos y representantes políticos que deseen encontrar en la antropología conocimiento aplicado deben tener en cuenta que, si quieren una alternativa a este modelo en la que no vean tan mermada su calidad de vida, deben diseñar y ejecutar

una estrategia socio-productiva que, como mínimo, permita sostener una cantidad de vida equivalente o superior para que así pueda tener ventajas selectivas sobre el actual sistema. Pero esta tarea no es nada fácil, porque desde la capacidad de agencia que tienen nuestras sociedades pueden ponerse sobre la mesa alternativas, pero resulta complicado evaluar las probabilidades de éxito o fracaso debido a la gran cantidad de factores incontrolables que pueden llegar a intervenir en estos procesos (Pérez-Aguilar, 2021, p. 104).

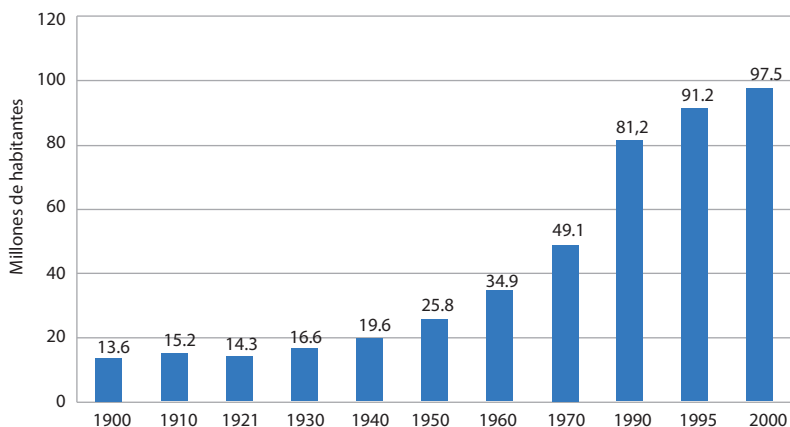


Figura 1. Evolución de la población mexicana entre los años 1900 y 2000. Elaboración propia a partir de INEGI 1900-1990, 1995 y 2000.

## La arquitectura monumental: energía, prestigio y estructuración de las sociedades políticas

En 1990 Bruce G. Trigger publicaba un pequeño pero magnífico artículo titulado *Monumental architecture: a thermodynamic explanation of symbolic behaviour*. Este trabajo resultó ser una especie de respuesta a los enfoques postmodernos que habían cuestionado la potencialidad de la Ecología Cultural y de la *New Archaeology* a la hora de enfrentarse a cuestiones simbólicas desde sus respectivas concepciones

materialistas de la realidad sociocultural. Trigger trataba de demostrar con su ensayo que los enfoques materialistas además de ser útiles para explicar cuestiones económicas independientes al mentalismo humano, caso de la captación de energía del entorno, también servían para analizar relaciones sociopolíticas e ideológicas (Trigger, 1990, p. 129). Tomaremos aquí su trabajo como base para el análisis de la arquitectura monumental, el cual enriqueceremos con ideas de otros autores y con comentarios y anotaciones propios.

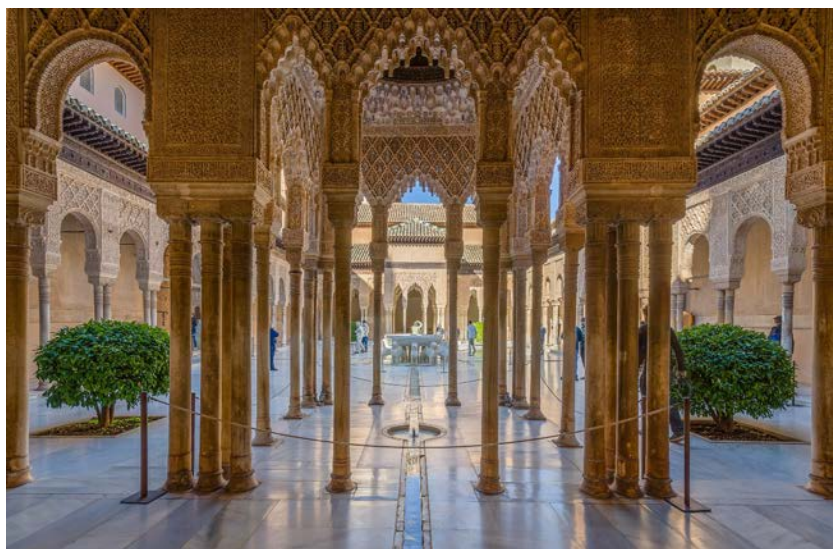
En los grupos humanos con un avanzado grado de complejidad social, caso de las jefaturas avanzadas y de las sociedades estatales, suele ser común la emergencia de arquitectura de tipo monumental. Así se documenta en las antiguas civilizaciones de Egipto y Mesopotamia, Grecia y Roma, China y otras regiones del sur asiático, Centroamérica y la América andina... Esta clase de arquitectura tiene su reflejo en construcciones tipo casas, edificios públicos,<sup>10</sup> sistemas defensivos, santuarios, tumbas, etc.<sup>11</sup> Lo que diferencia uno de estos espacios normales u ordinarios de otro de carácter monumental es que este otro suele presentar unas dimensiones, solidez y/o rasgos materiales que exceden notablemente las funciones básicas del primero. Esto es lo que nos permite diferenciar, por ejemplo, entre una simple casa y un palacio en el ámbito de lo habitacional o doméstico (figura 2). Además, la monumentalidad es, en cierta medida, independiente de los tipos de materiales constructivos empleados. Los monumentos que mejor se han conservado hasta el presente han sido los edificadas en piedra, pero existen igualmente

---

10 Dentro de esta categoría tendrían cabida diferentes tipos de construcciones para uso público, tales como baños, gimnasios, bibliotecas, escuelas, edificios de espectáculos, acueductos, etc. (Trigger, 1990, p. 121).

11 Trigger (1990, p. 121) comenta cómo en las civilizaciones antiguas tanto los templos como las tumbas de reyes y altos funcionarios, se inspiraban también en el modelo arquitectónico de la casa. De este modo, los templos de estas primeras civilizaciones —que no eran sitios de reunión comunitaria— funcionaban como “viviendas” de los dioses, mientras que las tumbas de las élites eran “casas para la eternidad” de los fallecidos en el más allá.

construcciones monumentales elaboradas en tierra, madera y otros materiales más efímeros, pero de grandes dimensiones y con ricos programas decorativos, estructuras que además requerían de un importante conocimiento arquitectónico y de ingeniería, y de la capacidad social de las élites para reclutar un importante número de trabajadores y especialistas dedicados a la construcción de estas obras (cf. Trigger, 1990, pp. 119-122, 127).



**Figura 2.** Patio de los Leones, en la ciudad palatina de la Alhambra —Granada, España—. Fotografía de Tuxyso, disponible en Wikimedia Commons (CC BY-SA 3.0).

Pero, además, dentro de la arquitectura monumental hay grados. Trigger (1990, pp. 120, 127) sostiene que el gradiente de monumentalidad, entendido sobre la base del tamaño y del lujo o nivel de elaboración, puede correlacionarse con el grado de jerarquización social, siendo más palpable dicha heterogeneidad dentro del grupo de las clases altas o pudientes. Siguiendo con el ejemplo anterior, por regla general existen diferencias significativas entre las casas de un campesino, un aristócrata y un rey en términos de monumentalidad. Pero también pa-

rece existir cierta correspondencia entre el nivel de centralismo estatal y la monumentalidad de la arquitectura, que resulta ser más acusada en los periodos políticos más centralistas, como se aprecia p. ej. en ciudades como Teotihuacán o cuando comparamos las tumbas faraónicas de los Reinos Antiguo, Medio y Nuevo en Egipto (Trigger, 1990, pp. 127-128). De otro lado, el tipo de edificio que experimenta un mayor grado de monumentalidad es también un reflejo del tipo de sociedad política. En este sentido, Trigger (1990, p. 128) comenta que los reyes micénicos potenciaron la monumentalización de sus complejos palaciegos, mientras que las *poleis* democráticas de la Grecia clásica hicieron lo mismo en relación con los templos, símbolos de las divinidades ciudadanas.

Trigger coincide con Peter J. Wilson (1988) a la hora de entender que las construcciones monumentales son una manifestación del poder sociopolítico y económico de quienes la financian. De este modo, los palacios o las tumbas reales de carácter monumental materializan el poder de los gobernantes dentro de la sociedad y en relación con otros mandamases; mientras que los edificios e infraestructuras públicos son una expresión del poder de los Estados. La monumentalización de un lugar sagrado —es decir, un santuario— mediante el alzado arquitectónico de un templo implica un esfuerzo de la comunidad que, en clave *emic*, suele explicarse bajo la forma de la obtención del beneplácito de la divinidad o divinidades a las que está dedicado el monumento, generándose una deuda que los dioses, como seres superiores, están obligados a retribuir con creces —*do ut des*—. Sin embargo, los evergetas que intervienen costeadando tales obras religiosas adquieren prestigio y poder en el marco de sus comunidades, afianzando y/o escalando en su posición social (Melchor, 1994; Alcantara, 2017). Pero a diferencia de Wilson, Trigger cree necesario explorar las razones energéticas que explican por qué la monumentalidad en arquitectura terminó configurándose como una expresión del poder. Para ello parte de la base de que las culturas son, en última instancia, sistemas termodinámicos (Trigger, 1990, p. 122).

Podría pensarse que la construcción de edificios monumentales constituye en sí misma un derroche de energía por parte de la sociedad, una inversión sin contrapartida energética que la compense. La conducta cultural humana tiende a estar sujeta al balance energético, es decir, a la relación existente entre el coste energético del hecho o acción cultural y la energía que este reporta directa o indirectamente. Como comenta Trigger (1990, pp. 122-123), esto se aprecia claramente en las distintas estrategias de captación de recursos, sobre todo en aquellos fundamentales para la supervivencia, en los que se tiende a la “ley del mínimo esfuerzo”. Dicho de otro modo, en el desarrollo de tales actividades económicas, y para que la estrategia termine siendo óptima y sea retenida selectivamente por el grupo, esta debe reportar un *input* energético igual o superior a la energía invertida —*output*— por los actores. De ocurrir permanentemente lo contrario, la estrategia terminará siendo desplazada por otra más eficiente. De mantenerse tales conductas subóptimas o maladaptativas, el grupo podría extinguirse o disgregarse (cf. Borrero, 1993, pp. 15, 23; Scheinsohn, 2011, p. 57; Pérez-Aguilar, 2021, p. 37).<sup>12</sup>

Por tanto, ¿cómo explicar el “derroche” de energía que supone la arquitectura monumental para una sociedad? Trigger entiende que este tipo de arquitectura constituye un ejemplo de “consumo ostentativo” cuya función es incrementar el prestigio social y el poder de sus mecenas

---

12 El enfoque seleccionista que aquí sostenemos no es compartido por Trigger en su trabajo. Este autor expone argumentos más próximos a la Ecología Evolutiva de la Conducta Humana, de tendencia adaptacionista. Entiende que los individuos calibran racionalmente no solo sus acciones inmediatas, sino también las futuras, en términos energéticos, optando siempre por aquella estrategia que resulte más adaptativa en general, pudiendo incluso desarrollar acciones que impliquen un alto costo energético en el corto plazo pero que sirvan para ahorrar energía en el medio-largo plazo (cf. Trigger, 1990, pp. 123-124). Sin embargo, el adaptacionismo no solo no explica la adaptación en clave darwiniana —al ser lamarckiano—, sino que tampoco el colapso de sociedades y culturas, la desmembración de estas ni incluso el hecho de que conductas irracionales puedan terminar siendo adaptadas por encima de otras racionales, que terminan siendo subóptimas o maladaptativas (cf. Pérez-Aguilar, 2021, pp. 109-111).

sobre la base de desviarse de la tendencia social general o estándar —es decir, la que busca minimizar el coste energético—. Para ello se recorre el camino contrario: la ostentación pública de que se tiene la capacidad de consumir más energía que el resto como símbolo de poder y de riqueza socialmente reconocido<sup>13</sup> (Trigger, 1990, pp. 124-125). A diferencia de las pomposas ceremonias, la arquitectura monumental no solo buscaba afirmar el estatus y el poder de las élites en su presente, sino que también se proyectaba hacia el futuro a través de la perduración temporal de los monumentos (Trigger, 1990, pp. 126-127). En resumidas cuentas, en el marco de una sociedad jerarquizada, los grupos dirigentes se caracterizan, entre otras cuestiones, por controlar y organizar las estrategias de captación de energía y la distribución de esta dentro de la comunidad (Trigger, 1990, pp. 125, 128-129), al ser necesaria para el metabolismo exosomático de la comunidad y los metabolismos endosomáticos de sus miembros. Parte de esta energía es invertida por la clase dirigente en una serie de conductas socioculturales que refuerzan su posición dentro de la comunidad: ceremonias, vestimenta, adornos personales, actos de beneficencia, etc. La arquitectura monumental es también la expresión de tales acciones en la que una cantidad importante de energía se desvía para beneficiar y reforzar arquitectónicamente la posición social de las élites, algo que no es baladí, ya que resulta ser la grasa que permite que el sistema político de la comunidad quede articulado y funcione. Por tanto, los gastos fastuosos que las comunidades humanas practican no son funcionalmente inútiles, tal y como se percató el filósofo George Bataille (1987).

Si conceptualizamos un asentamiento humano como una red de nodos con distintas funciones, e interrelacionados entre sí, tendríamos que los edificios monumentales de la élite constituirían unos pocos vértices de dicho entramado. La red en su conjunto se define como un sistema energético en constante desequilibrio. Caeríamos en la ingenuidad si de partida asumiéramos que todos los nodos han sido retenidos por procesos

---

13 Esto mismo está en la base del “potlach” que practicaban las poblaciones originarias de la costa NW de Norteamérica y en la “economía del don” en general.

de presiones selectivas en función de su aporte a la optimización energética del metabolismo de la red. Pueden existir nodos que requieran para su existencia de una inversión energética mayor dentro del conjunto o que, analizados de forma individual, se comporten de tal forma que el *output* energético es permanentemente mayor que el *input* en ellos. Sin embargo, su existencia no debe descontextualizarse del resto de los nodos de la red, es decir, dependen radicalmente del “flujo” energético proveniente de los otros componentes del sistema. Este es el caso de lugares, sitios o entornos en los que se efectúan costosos rituales religiosos, prácticas evergéticas o de adquisición social de prestigio, e incluso aquellos otros en los que se obtiene algún producto de alto valor simbólico o que simplemente son relevantes para la estructuración del resto de elementos del tejido socio-cultural (cf. Muscio 2002, p. 35). La arquitectura monumental promovida por las élites es un ejemplo de ello. Por tanto, podemos sostener que la existencia persistente de este tipo de nodos, en los que el *output* energético puede llegar a superar notablemente al *input*, tiene solo razón de ser en la medida en que estos contribuyen a que los otros vértices a los que quedan conectados en la red —sectores del asentamiento ocupados por artesanos, agricultores, etc.— se encuentren alejados del equilibrio termodinámico. Debido a ello, también este escaso y ostentoso número de nodos son sensibles a los procesos de selección que afectan a las sociedades y culturas humanas (Pérez-Aguilar, 2018b, p. 158).

### **La minería romana en la autocatálisis de una red poblacional**

En el tercer y último caso de estudio disminuirémos nuevamente el *zoom* para alejarnos de edificios o de asentamientos concretos, y observar dinámicas de ocupación del territorio. Traemos a colación un ejemplo que ya hemos analizado en otros trabajos, y que gira en torno a la relevancia de la actividad minera en el SW de la península ibérica en época romana y el impacto que esta tuvo en relación con la evolución del poblamiento de las zonas agropecuarias del entorno (cf. Pérez-Aguilar, 2017; 2021). Pero para reflexionar sobre dicho proceso en clave



energética conviene previamente aclarar, una vez más, una serie de conceptos y de cuestiones teóricas.

El análisis de redes es una forma de abstraer la realidad que ha sido frecuentemente usada en ecología, siendo igualmente útil en ciencias humanas como la antropología y la sociología. Como anteriormente esbozamos, una red queda conformada por una serie de elementos que la componen. De una parte, tenemos los “nodos”, que son las entidades donde se realizan las conexiones, mientras que de otro lado quedan los “enlaces” o “conexiones” propiamente dichos, y que expresan las interrelaciones existentes entre los nodos de la red (Gribbin, 2006, p. 251). El elenco de posibilidades o de configuraciones interactivas posibles entre los nodos es lo que se denomina “topología de la red”. A la hora de enfrentarnos a su estudio conviene considerar tanto la estadística de conexiones como la presencia/ausencia de *hubs*, es decir, de “nodos-conexiones” relevantes o fundamentales en la estructura de la red, siendo determinantes dinámicos en los procesos de autoorganización y crecimiento de esta (Aguirre, 2011, pp. 46-47).

Como decíamos, esta forma de abstraer la realidad tiene multitud de aplicaciones en disciplinas como la ecología, la sociología y la antropología, ya que estas trabajan con comunidades actuales cuyas interacciones pueden constatarse empíricamente. En cambio, la traslación del análisis de redes a la arqueología suele toparse con un problema de primer orden, y es que en esta disciplina se trabaja con comunidades muertas o extintas, cuyas interacciones no siempre pueden concretarse con rigor. Una red podría perfectamente representar a un sistema o conjunto de asentamientos interrelacionados funcionalmente entre sí.<sup>14</sup>

---

14 Inspirándonos en Shawcross (1972), en otro trabajo hemos definido los yacimientos arqueológicos como “unidades disipadoras de gradientes energéticos, ya que fosilizan asentamientos o espacios donde tuvieron lugar actividades humanas, y que por tanto implicaron la realización de transferencias o transformaciones energéticas” (Pérez-Aguilar, 2021, p. 68). Por lo que, tanto estos paleoasentamientos como las redes que podían entretejer entre ellos, estaban sujetos a las leyes de la

Piéñese, por ejemplo, en las formas que tienen de estructurarse y de ocuparse los territorios a nivel político-administrativo y económico en cualquier periodo histórico.<sup>15</sup> Mediante las técnicas al uso en arqueología podemos establecer los nodos que componían la red y arrojar luz sobre el nicho ecológico que estos ocuparon. La dificultad estriba a la hora de definir las conexiones entre los nodos sobre una base empírica. Se presupone que los asentamientos interaccionaban unos con otros, pero por regla general la naturaleza parcial de los restos arqueológicos impide dibujar con rigor la conexión de unos nodos concretos con otros nodos concretos. En el plano de lo económico, la documentación de artefactos importados de otras zonas nos puede poner sobre esta pista, pero rara vez podemos aterrizar sobre los sitios exactos de proveniencia.

Por su parte, en el plano político-administrativo, podemos deducir que los distintos tipos de asentamientos rurales dependían de la ciudad que ordena el territorio donde estos se insertan, y este conjunto podría depender a su vez de un núcleo que capitaliza una unidad político-administrativa superior, como por ejemplo una provincia, una región, etc. Pero las interacciones entre los propios asentamientos rurales, que sin duda debieron existir, por regla general se nos escapan ante la falta de datos. Para sortear este problema en la aplicación del análisis de redes en arqueología proponemos la acuñación de un neologismo o nuevo tecnicismo: “nodoplex” —sing.— / “nodoplexes” —pl.—.<sup>16</sup> Un

---

termodinámica, pues su existencia estaba determinada por un balance energético en el que constantemente un *output* debe ser compensado con un *input* de energía y de materiales que satisfagan el metabolismo endosomático y exosomático de sus componentes.

15 También los análisis de redes pueden servir para describir y explicar el funcionamiento interno de cada una de dichas entidades poblacionales, dividida a su vez en subunidades o grupos de subunidades que interaccionan entre sí a diversas escalas. Un ejemplo de esto podría ser el de una ciudad, compuesta urbanísticamente por diferentes sectores funcionales, todos ellos necesarios para comprender la evolución del asentamiento en su conjunto (Pérez-Aguilar, 2021, p. 38).

16 A la hora de acuñar este neologismo nos hemos inspirado a su vez en el término “memeplexes”, propuesto por S. Blackmore (2000, p. 51) en el campo de la memé-

nodoplex es un conjunto de nodos que ocupa un mismo nicho ecológico, y que interacciona con otros nodoplexes. Este concepto que proponemos nos permite sortear tal dificultad, ya que a nivel arqueológico no podemos establecer las relaciones que existieron entre los nodos uno a uno. En cambio, resulta más factible o menos complicado hacerlo a través de bloques o paquetes de nodos funcionalmente cointegrados, que es a lo que apela el sugerido término. En resumidas cuentas, creemos que el análisis de redes en arqueología resulta, a nivel práctico, más factible si las unidades operatorias no son los nodos en sí mismos —debido al mencionado problema—, sino los nodoplexes.

Dicho esto, el estudio de las dinámicas y ciclos de las redes se inició con A.J. Lotka a principios del siglo XX. Este indagó sobre los mecanismos de autopropagación de sistemas cíclicos en los que se conectaban, a modo de red, sistemas físicos, químicos, biológicos, tecnológicos y sociales. El proceso mediante el cual se formaban estas redes fue denominado por él como “autocatálisis”. En su laboratorio observó que existían reacciones químicas que eran a su vez reactantes de otras, ya que A producía B, B producía C, C producía D... hasta llegar nuevamente a A. Debido a ello, planteó una serie de ecuaciones que trataban de explicar este fenómeno cíclico, pudiendo aplicar las mismas al estudio de poblaciones (Gribbin, 2006, pp. 184-185; Schneider y Sagan, 2009, pp. 131-132).

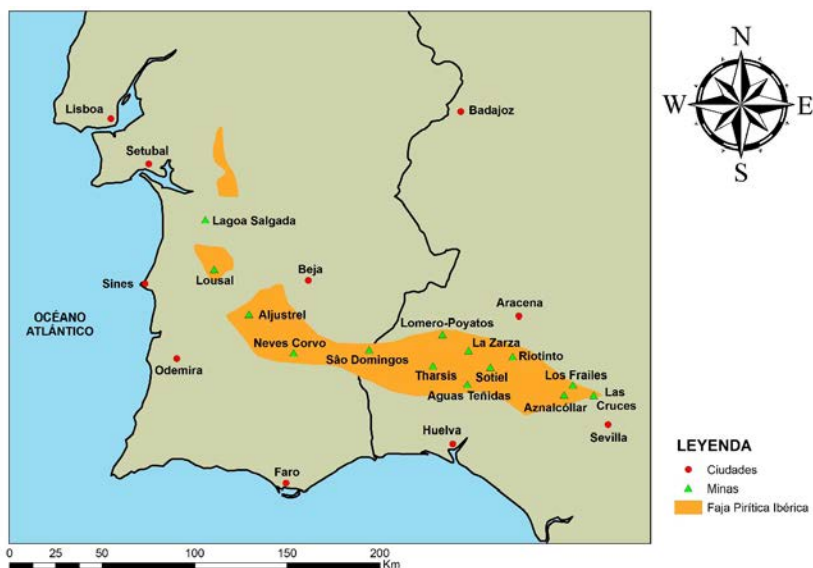
Por imperativo de la segunda ley de la termodinámica, una red autocatalítica importa y exporta materia y energía. Cuando importa más de lo que exporta la red tiende a crecer, denominándose por ello “red autocatalítica positiva” (Schneider y Sagan, 2009, pp. 134, 154). Las redes, que integran de forma cooperativa diversos nodos, compiten entre sí por la materia y la energía, viéndose sometidas a procesos selectivos en los que se tiende a beneficiar a aquellas con una mayor capacidad de intensificar la autocatálisis del sistema (Schneider y Sagan, 2009, p. 136). Uno de los

---

tica. Este otro tecnicismo proviene del inglés *meme complexes*, y hace referencia a grupos o complejos de “memes” que se transmiten de forma coadaptada, en bloque, por imitación o copia.

fenómenos a destacar dentro de la evolución de una red autocatalítica positiva es aquel mediante el cual la red crece enteramente gracias a la intensificación de una de sus partes —*hubs*—, ya que esta potencia la capacidad disipativa del sistema (Schneider y Kay, 1999, p. 227).

Las investigaciones que vienen haciéndose sobre el poblamiento altoimperial romano en *Hispania* han destacado cómo la importante vitalidad de la actividad minera, especialmente de metales amonedables como la plata y el cobre, en la llamada Faja Pirítica Ibérica dinamizó buena parte del SW de la península ibérica a nivel poblacional y económico. La Faja Pirítica Ibérica es un distrito minero de unos 250 km de largo por 30 km de ancho (figura 3) donde hubo alrededor de un centenar de minas —Neves Corvo, Aljustrel, Tharsis, Riotinto, Aznalcóllar-Los Frailes, Las Cruces, etc.—.



**Figura 3.** Localización de la Faja Pirítica Ibérica y de sus principales minas en el SW de la península ibérica. Elaboración propia.

La explotación minera fue tan intensa en época romana que no volvería a registrarse algo semejante en la región hasta el siglo XIX. Los lingotes metálicos eran exportados desde los poblados mineros a través de los ríos Guadiana, Tinto-Odiel y Guadiamar-Guadalquivir. Estos asentamientos tenían que ser abastecidos de diferentes tipos de bastimentos, hecho que estimuló la aparición de múltiples asentamientos agropecuarios en el entorno de la comarca minera, en zonas más aptas para la agricultura como la Tierra Llana de Huelva, los Llanos de Aroche, el Campo de Tejada, el centro-sur del valle del Guadiamar o parte del Aljarafe sevillano. Las necesidades alimentarias de estos asentamientos mineros también intensificaron la aparición de factorías de salazones y de salsas de pescado en la inmediata costa bético-lusitana, mientras que la necesidad de proteger las rutas comerciales hizo que se construyeran distintos enclaves fortificados o *castella* en puntos estratégicos del territorio (cf. Vidal y Campos, 2008; Garrido, 2011; Pérez Macías, 2014). Vemos, por tanto, cómo el crecimiento de un nodoplex, cuyo nicho ecológico concreto ocupaba el monocultivo de la actividad minero-metalúrgica, potenció el crecimiento de la red de asentamientos en su conjunto.

Pero el crecimiento de una red autocatalítica no es eterno, ya que la autocatálisis puede derivar en procesos de retroacción negativa que inviertan la tendencia del sistema debido a agentes limitantes. Schneider y Sagan (2009, p. 140) anotan, a modo de ejemplo de estos agentes, el espacio en sí mismo, el alimento disponible e incluso la gravedad para los sistemas biológicos. Esta lista podría ampliarse mucho más. En lo referente a la ecología humana, podríamos considerar también factores como los temporales y cambios climáticos, las enfermedades, las crisis económicas, las limitaciones técnicas y tecnológicas, las guerras, etc. (Pérez-Aguilar, 2021, p. 40).

La acción de tales agentes limitantes responde a la siguiente lógica: una red crece cuando el *input* energético supera al *output* que impone la segunda ley de la termodinámica. Sin embargo, este crecimiento

sistémico genera a su vez un incremento de la entropía, con lo que para poder mantenerse la red tendrá que seguir captando del entorno una cantidad de energía tal que le permita contrarrestar un posible déficit (Tyrtania, 2009, p. 76). En el momento en el que esto no es posible, por la acción de los mencionados agentes limitantes u otros, pueden suceder dos cosas: a) Que la red termine extinguiéndose para dejar el espacio ecológico que ocupa a otra red; y b) Que la red se contraiga, reajuste su estrategia o que se desmiembre en entidades menores que permitan seguir disipando gradientes energéticos de forma eficiente (Pérez-Aguilar, 2021, p. 40).

Siguiendo a Aguirre, cuando un nodo —o un nodoplex— se comporta como un *hub*, se está evidenciando el “talón de Aquiles” de la red, “ya que si son removidos la red colapsa” (Aguirre, 2011, p. 46) o experimenta la necesidad de transformar su topología. En el ejemplo que hemos traído a colación, el nodoplex de sitios mineros que ocupaba la Faja Pirítica Ibérica funcionaba como un *hub* en el plano de lo económico, estando la dinámica de buena parte de la red de asentamientos sujeta al balance energético de este nodoplex, que asegura la metaestabilidad del sistema. Cuando las condiciones que optimizaban el funcionamiento de dicho *hub* se vieron alteradas por agentes limitantes, la red en su totalidad experimentó profundas transformaciones. Tales agentes limitantes, por tanto, deben considerarse elementos que desencadenan presiones selectivas. Estas actúan sobre la configuración de las redes de asentamientos, adaptando así nuevas estrategias ocupacionales en función de sus capacidades disipativas y replicativas (Pérez-Aguilar, 2017; 2018a; 2018b).

A comienzos del siglo II d.C. la actividad minera del SW hispano entró en una profunda recesión. Las arcas del Estado romano se habían resentido notablemente a finales de la centuria anterior debido a las costosas guerras de los emperadores Tito y Domiciano (Albertini, 2005, p. 88). A pesar de ello, la situación pudo sobrellevarse gracias a la anexión de la Dacia y de sus minas de oro al imperio romano. Pero avanzado el

tiempo, el emperador Trajano intentó conquistar Mesopotamia, fracasando en el intento. Esto supuso nuevamente un duro golpe al erario público. Las dificultades económicas que a nivel interno venía experimentando Roma se acrecentaron en época Marco Aurelio, al abrirse varios frentes militares no ya ofensivos, sino defensivos (Albertini, 2005, pp. 102-103). Todo ello, junto a la imposibilidad de subir impuestos (Chic, 2005, p. 583), hizo que el Estado romano se viera incapacitado a la hora de invertir los grandes capitales —*input*— que la actividad minera requería para mantener sus infraestructuras y su costoso mantenimiento —*output*— (García Vargas, 2012, p. 235), con lo que muchas minas y poblados mineros se abandonaron entre finales del siglo II y el siglo III d.C. en el SW hispano (Pérez Macías, 2014, pp. 135-137).

Algunos investigadores han propuesto que entre los siglos III y IV d.C. posiblemente se produjera un trasvase poblacional desde las minas hacia la costa al calor de la bonanza que las factorías de pescado onubense-lusitanas empezaron a tener tras el vacío que en el mercado había dejado la industria gaditana (Vidal y Campos, 2008, pp. 273-274). El hundimiento de la minería también provocó que muchos asentamientos volcados a la explotación agropecuaria y al suministro de la comarca minera se abandonasen.<sup>17</sup> Algunos de estos núcleos, no obstante, se mantuvieron activos hasta la Antigüedad Tardía, caso de Los Jimenos, Alto de la Piedra o Los Bojeos, entre otros. Es probable que los asentamientos agropecuarios supervivientes reorientaran ahora la salida de sus productos hacia la pujante zona costera (Vidal y Campos, 2008, p. 283). En el caso de estudio descrito observamos cómo un agente

---

17 A ello debe sumarse, para la segunda mitad del siglo II d.C., el impacto que sobre la demanda tuvieron los problemas de financiación de muchas ciudades (García Vargas, 2014) y el declive comercial de aceite, vino y salazones béticas en el comercio interprovincial a favor de productos africanos y orientales (Reynolds, 2007; García Vargas y Bernal, 2009). Ya en el siglo III d.C., a tales impactos se unen las consecuencias económicas que en la agricultura generó el Cambio Climático Rápido —*Rapid Climate Change*—, y que pudo agudizar la pérdida de asentamientos agropecuarios (Pérez-Aguilar *et al.*, en prensa).

limitante de naturaleza económica —la financiación de la minería— desencadenó el decrecimiento de una red de asentamientos a través de uno de sus nodoplexes, obligando también a reestructurar la estrategia disipativa y distribucional de los nodos supervivientes (Pérez-Aguilar, 2017, p. 142; Pérez-Aguilar, 2021, pp. 40-41).

## Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco de un contrato postdoctoral Juan de la Cierva-Formación del Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España en el Instituto de Arqueología-Mérida (CSIC-Junta de Extremadura). Ayuda FJC2018-037126-I financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033.

## Referencias bibliográficas

- ADAMS, R. N. (2001). *El octavo día. La evolución social como autoorganización de la energía*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- ADAMS, R.N. (2007). *La red de la expansión humana*. CIESAS, Universidad Autónoma Metropolitana y Universidad Iberoamericana.
- AGUIRRE, J. L. (2011). *Introducción al Análisis de Redes Sociales*. Centro Interdisciplinario para el Estudio de Políticas Públicas.
- ALBERTINI, E. (2005). *El Imperio Romano*. Padilla Libros Editores & Libreros.
- ALCANTARA, F.A. (2017). Evergetismo y construcciones sacras en la Hispania romana. *Anahgramas*, 4, 1-43.
- ARRIAGA, J. L., VELASCO, J. J. (2017). Entropía y problemas de autorreproducción del sistema social y cultural en el campo mexicano. En J. L. Arriaga, J. C. Arzate, I. Medina, I. A. Tinoco (Comps.), *Cultura y sociedad en movimiento* (pp. 57-83). Universidad Autónoma del Estado de México.
- ATKINS, P. (2008). *Las cuatro leyes del universo*. Espasa.
- BATAILLE, G. (1987). *La parte maldita precedida de La noción de gasto*. Icaria.
- BEN-NAIM, A. (2011). *La entropía desvelada. El mito de la segunda ley de la termodinámica y el sentido común*. Tusquets.
- BLACKMORE, S. (2000). *La máquina de los memes*. Paidós.
- BORRERO, L. A. (1993). Artefactos y evolución. *Palimpsesto. Revista de Arqueología*, 3, 15-32.



- BOYD, R., y RICHEYSON, P. J. (2005). *The origin and evolution of cultures*. Oxford University Press.
- CAVALLI-SFORZA, L. L. (2007). *La evolución de la cultura*. Anagrama.
- CHIC, G. (2005). Marco Aurelio y Cómodo. El hundimiento de un sistema económico. En L. Hernández (Coord.), *La Hispania de los Antoninos (98-180)*. *Actas del II Congreso Internacional de Historia Antigua* (pp. 567-586). Universidad de Valladolid.
- COOK, E. (1975). El flujo de energía en una sociedad industrial. En *Biología y cultura. Introducción a la antropología biológica y social* (pp. 425-434). Hermann Blume.
- DAWKINS, R. (2017): *El fenotipo extendido. El largo alcance del gen*. Capitán Swing.
- ESPIÑOZA, J., y ORTIZ, P. A. (2014). La termodinámica de sistemas complejos alejados del equilibrio (TSCAE) como teoría y método en los estudios sociales. En A. Conde (Coord.), *Sobre sistemas complejos. El pretendido fin* (pp. 85-103). Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- GARCÍA VARGAS, E. (2012). Aspectos socioeconómicos de la Antigüedad Tardía en la Bética (siglos III-VII d.C.). En J. Beltrán, S. Rodríguez de Guzmán (Coords.), *La arqueología romana de la provincia de Sevilla. Actualidad y perspectivas* (pp. 235-253). Editorial Universidad de Sevilla.
- GARCÍA VARGAS, E. (2014). La Europa de época tardorromana (siglos III-V d.C.). En G. Chic (Dir.), *Historia de Europa (ss. X a.C.- V d.C.)* (pp. 613-756). Editorial Universidad de Sevilla.
- GARCÍA VARGAS, E., y BERNAL, D. (2009). Roma y la producción de *garvm* y *salsamenta* en la costa meridional de *Hispania*. Estado actual de la investigación. En D. Bernal (Ed.), *Arqueología de la pesca en el Estrecho de Gibraltar. De la Prehistoria al fin del Mundo Antigo* (pp. 133-181). Universidad de Cádiz.
- GARRIDO, P. (2011). *La ocupación romana del valle del Guadiamar y la conexión minera* (Tesis doctoral, Universidad de Sevilla, España). Universidad de Sevilla.
- GRIBBIN, J. (2006). *Así de simple. El caos, la complejidad y la aparición de la vida*. Crítica.
- MARGALEF, R. (1980). *La biosfera entre la termodinámica y el juego*. Omega.
- MARGALEF, R. (1988). La ecología como marco conceptual de reflexión sobre el hombre. En A. Dou (Ed.), *Ecologías y culturas* (pp. 15-50). Universidad Pontificia Comillas de Madrid.
- MARGULIS, L. (2003). Un gran dilema en Biología. En J. Peretó (Ed.), *Lynn Margulis. Una revolución en la evolución. Escritos seleccionados* (pp. 277-299). Universitat de València.

- MELCHOR, E. (1994). Construcciones sacras y evergetismo en Hispania romana. En *Preactas del III Congreso Peninsular de Historia Antigua* (pp. 673-682). Universidad del País Vasco.
- MURPHY, M. P. Y O'NEILL, L. A. J. (1999). "Qué es la vida" cincuenta años después. Una introducción. En M. P. Murphy, L. A. J. O'Neill (Eds.), *La Biología del futuro. ¿Qué es la vida? cincuenta años después* (pp. 9-13). Tusquets.
- MUSCIO, H. (2002). Cultura material y arqueología evolutiva. En G. A. Martínez, J. L. Lanata (Eds.), *Perspectivas integradoras entre arqueología y evolución. Teoría, método y casos de aplicación* (pp. 21-54). INCUAPA.
- ODUM, H.T. (1980). *Ambiente, energía y sociedad*. Blume.
- PÉREZ-AGUILAR, L. G. (2017). Termodinámica del No Equilibrio y evolución del poblamiento rural tardoantiguo. Reflexiones y casos de estudio de la Bética occidental. En P. Diarte-Blasco (Ed.), *Cities, lands and ports in Late Antiquity and the Early Middle Ages: Archaeologies of Change* (pp. 133-146). BraDypUS.
- PÉREZ-AGUILAR, L. G. (2018a). Termodinámica, evolución y poblamiento humano en la Antigüedad Tardía. En J. L. Escacena Carrasco, L.G. Pérez-Aguilar (Coords.), *Todos en el Beagle. Darwinismo y Ciencias Históricas* (pp. 113-140). Editorial Universidad de Sevilla.
- PÉREZ-AGUILAR, L.G. (2018b). *Termodinámica y poblamiento humano en el Bajo Guadalquivir durante la Antigüedad Tardía (siglos III-VI d.C.). Un enfoque darwiniano* (Tesis doctoral, Universidad de Sevilla, España). Universidad de Sevilla.
- PÉREZ-AGUILAR, L. G. (2019). La influencia de la termodinámica en las ciencias históricas y antropológicas de los siglos XIX y XX. En J. Beltrán, C. Fabião, B. Mora (Coords.), *La historia de la arqueología hispano-portuguesa a debate. Historiografía, coleccionismo, investigación y gestión arqueológicas en España y Portugal* (pp. 255-271). Editorial Universidad de Sevilla.
- PÉREZ-AGUILAR, L. G. (2021). *La arqueología como biología. Una introducción teórica a la arqueología darwiniana*. Editorial Universidad de Sevilla.
- PÉREZ-AGUILAR, L. G., CABALLERO-MÁRQUEZ, P., GORDILLO-SALGUERO, D., Y NIETO-DOMÍNGUEZ, V. (en prensa). Cambios climáticos, crisis de subsistencia y poblamiento humano en el SW hispano entre la Prehistoria Reciente y la Edad Media: las comarcas del Bajo Guadalquivir (Andalucía) y Tierra de Barros (Extremadura). En *Plagas, hambrunas, masacres y*

- persecuciones desde la Antigüedad hasta los albores del Medievo*. Universidad de Murcia.
- PÉREZ MACÍAS, J. A. (2014). Agricultura y minería romanas en el suroeste ibérico. *Huelva Arqueológica*, 23, 117-146.
- RAMOS, J. (2012). Economía biofísica. *Investigación y Ciencia*, 429, 68-75.
- REYNOLDS, P. (2007). Cerámica, comercio y el Imperio Romano (100-700 d.C.): perspectivas desde Hispania, África y el Mediterráneo Oriental. En A. Malpica, J. Carvajal (Eds.), *Estudios de cerámica tardorromana y alto-medieval* (pp. 13-82). Alhulia.
- SAHLINS, M. D., Y SERVICE, E. R. (1960). *Evolution and culture*. University of Michigan Press.
- SCHEINSOHN, V. (2011). Adeptos a la adaptación: tres propuestas clásicas para la arqueología y una evaluación. *Antípoda*, 13, 55-73. <https://bit.ly/3Fq2z6r>
- SCHNEIDER, E. D., Y KAY, J. J. (1999). Orden a partir del desorden: la termodinámica de la complejidad biológica. En M.P. Murphy, L.A.J. O'Neill (Eds.), *La biología del futuro. ¿Qué es la vida? Cincuenta años después* (pp. 221-238). Tusquets.
- SCHNEIDER, E. D., Y SAGAN, D. (2009). *La termodinámica de la vida*. Tusquets.
- SCHRÖDINGER, E. (2008 [1944]). *¿Qué es la vida?* Tusquets.
- SHAWCROSS, W. (1972). Energy and Ecology: thermodynamic models in Archaeology. En D. L. Clarke (Ed.), *Models in Archaeology* (pp. 577-622). Methuen.
- TRIGGER, B. G. (1990). Monumental architecture: A thermodynamic explanation of symbolic behaviour. *World Archaeology*, 22(2), 119-132. <https://doi.org/10.1080/00438243.1990.9980135>
- TYRTANIA, L. (2009). *Evolución y sociedad. Termodinámica de la supervivencia para una sociedad a escala humana*. Universidad Autónoma Metropolitana y Juan Pablos Editor.
- VIDAL, N. O., Y CAMPOS, J. M. (2008). Relaciones costa-interior en el territorio onubense en época romana. *Mainake*, 30, 271-287.
- WILSON, P. J. (1988). *The domestication of the human species*. Yale University Press.
- WHITE, L. A. (1982 [1949]). *La ciencia de la cultura. Un estudio sobre el hombre y la civilización*. Paidós.