

LA PARADOJA DE LA PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD Y LA APARICIÓN DE NUEVAS FORMAS DE VIDA, LIGADAS A EFECTOS ANTRÓPICOS / THE PARADOX OF BIODIVERSITY LOSS AND THE EMERGENCE OF NEW FORMS OF LIFE, LINKED TO ANTHROPOGENIC EFFECTS / O PARADOXO DA PERDA DA BIODIVERSIDADE E O SURGIMENTO DE NOVAS FORMAS DE VIDA, LIGADAS A EFEITOS ANTROPOGÊNICOS

JESÚS REY ROCHA

Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto de Filosofía (IFS, CSIC)
Departamento de Ciencia, Tecnología y Sociedad, Madrid, España
jesus.rey@csic.es  0000-0002-0122-1601

MARÍA P. MARTÍN

Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Real Jardín Botánico (RJB, CSIC), Departamento de Micología, Madrid, España
maripaz@rjb.csic.es  0000-0002-1235-4418

MARTA VELASCO MARTÍN

Universidad de Castilla-La Mancha, Departamento de Ciencias Médicas, Facultad de Medicina, campus de Ciudad Real y Centro Regional de Investigaciones Biomédicas, Albacete, España
Marta.VelascoMartin@uclm.es  0000-0001-7133-652X

RESUMEN

La crisis ambiental y ecológica actual acelerada y/o causada por actividades humanas, paradójicamente favorece la proliferación y diversificación de formas de vida. Esta crisis sistémica reafirma el estrecho vínculo que aún mantienen los seres humanos con el entorno natural y con el resto de formas de vida.

Teniendo en cuenta la influencia de las arquitecturas de la naturaleza y de los seres vivos, las arquitecturas natural y artificial o humana, en la conformación de entornos para el establecimiento de la vida, este artículo plantea una reflexión sobre el desarrollo y la evolución de las formas de vida, ligados a los espacios y condiciones en las que existen y en adaptación a los nuevos entornos. Además, pretende reflexionar sobre el papel del ser humano, como especie clave, en la crisis ecológica y la coevolución de las distintas formas de vida que habitan el planeta Tierra.

Nuestra propuesta plantea que las instituciones, la política y la gobernanza han de tener un cometido principal en la configuración de las respuestas a los desafíos que se nos plantean. Igualmente, considera que la ciudadanía puede adquirir una gran relevancia en la modelación y conservación de los ecosistemas que habitamos a través de la acción cotidiana, de la participación ciudadana y política, de la inteligencia colectiva apoyada por la ciencia y el conocimiento experto, del uso de las posibilidades y la potencia que permiten las redes sociales y del ejercicio de la democracia, un derecho y una herramienta para mejorar las condiciones de nuestra propia vida.

Palabras clave: formas de vida, arquitectura de la vida, crisis ecológica, coevolución, paradojas antrópicas, responsabilidad ciudadana.

ABSTRACT

The current environmental and ecological crisis accelerated and/or caused by human activities, paradoxically favours the proliferation and diversification of life forms. This systemic crisis reaffirms the close link that humans still maintain with the natural environment and with other forms of life.

The architectures of nature and living beings, the natural, and artificial or human architectures, have a significant role in the shaping of environments for the establishment of life. Taking this into account, this article reflects on the development and evolution of life forms, linked to the spaces and conditions in which they exist and in adaptation to new environments. It also aims to reflect on the role of human beings, as a key species, in the ecological crisis and the co-evolution of the different life forms that inhabit planet Earth.

We argue that institutions, politics and governance have a major role to play in shaping the responses to the challenges we face. Likewise, citizenship, which can acquire great relevance in the modeling and conservation of the ecosystems we inhabit, through everyday action, citizen and political participation, collective intelligence supported by science and expert knowledge, the use of the possibilities and power that social networks allow, and the exercise of democracy, a right and a tool to improve the conditions of our own lives.

Key words: life forms, architecture of life, ecological crisis, co-evolution, anthropic paradoxes, citizen responsibility.

RESUMO

A atual crise ambiental e ecológica acelerada e/ou causada pelas atividades humanas, paradoxalmente favorece a proliferação e a diversificação das formas de vida. Essa crise sistêmica reafirma o vínculo estreito que os seres humanos ainda mantêm com o ambiente natural e com outras formas de vida.

Levando em conta a influência das arquiteturas da natureza e dos seres vivos, arquiteturas naturais e artificiais ou humanas, na formação de ambientes para o estabelecimento da vida, este artigo reflete sobre o desenvolvimento e a evolução das formas de vida, vinculadas aos espaços e às condições em que existem e na adaptação a novos ambientes. Visa também refletir sobre o papel do ser humano, como espécie-chave, na crise ecológica e na co-evolução das diferentes formas de vida que habitam o planeta Terra.

Nossa proposta é que as instituições, a política e a governança devem desempenhar um papel importante na formação das respostas aos desafios que enfrentamos. Da mesma forma, a cidadania, que pode desempenhar um papel importante na formação e na conservação dos ecossistemas que habitamos, por meio da ação cotidiana, da participação cidadã e política, da inteligência coletiva apoiada pela ciência e pelo conhecimento especializado, do uso das possibilidades e do poder das redes sociais e do exercício da democracia, um direito e uma ferramenta para melhorar as condições de nossas próprias vidas.

Palavras-chave: formas de vida, arquitetura da vida, crise ecológica, co-evolução, paradoxos antropogênicos, responsabilidade cívica.

1. LA ARQUITECTURA DE LA VIDA

Este artículo ha sido pensado para su publicación en una revista cuyo ámbito disciplinar es la Arquitectura, aunque también define su adscripción temática en los ámbitos de la cultura, filosofía, geografía, historia y sociología. Más aun, el número extra en el que se incluye este texto ha nacido con intención y afán de aplicar un enfoque multi- y transdisciplinar en el tratamiento del tema ‘formas de vida’. En este sentido, manifestamos y advertimos a las personas que se aproximan a la lectura de este texto, que el uso que en él se hace del término *arquitectura* pretende ser multifacético y polisémico, aunque se respeta el requisito de precisión e inequívocidad que se espera de cualquier texto científico y académico; y que lo mismo ocurre cuando hablamos de *estructura/s*.

Así pues, cuando usamos el término *arquitectura* lo hacemos trascendiendo su significado habitual referido a la construcción de las ciudades y el oficio de la arquitectura, usado en distintos ámbitos, entre ellos los que abordan el estudio de la vida. En Biología, desde esta perspectiva, se habla de *arquitectura biológica* o *arquitectura de los organismos*; se estudia la estructura de los seres vivos y de las macromoléculas (lo hacen la *Anatomía* y la *Biología estructural*, respectivamente), e incluso, se hace referencia a la arquitectura de la mente humana (Barkow et al. 1992, 306). Sin ánimo de extendernos demasiado en la ejemplificación, no queremos dejar de referirnos también a algunos usos presentes en las Ciencias Sociales y Humanas, referidos por ejemplo a fenómenos sociales -p. ej. la “arquitectura de la polarización” (Lozano 2020, 20)- o a las ideas -p. ej., para Stephen Jay Gould (2003, 393) Ernest Haeckel es el principal *arquitecto* de la teoría biológica de la recapitulación-.

Podemos, desde esta aproximación, ocuparnos de la arquitectura de las estructuras de la vida. No es casual que, en el camino hacia el descubrimiento del secreto de la vida -que se intensificó en los años 50 del siglo XX- las estructuras tengan, como en la arquitectura, un papel fundamental. La aproximación al conocimiento de la vida se afrontaba entonces, desde la Biología estructural, a través de una aproximación que podría decirse arquitectónica e ingenieril, buscándose la estructura de la que se planteaba como molécula de la vida, el ácido desoxirribonucleico (ADN). Este enfoque permitió a la química y cristalógrafa Rosalind Franklin y a los biólogos moleculares James D. Watson y Francis Crick -a través de los estudios de difracción de rayos X de la primera, y en uno de los más relevantes a la vez que controvertidos episodios de la historia de la ciencia (Santesmases y Calvo Roy 2019; White 2002)- desvelar en 1953 la estructura de la molécula de ADN: una doble hélice. Esta misma aproximación puede identificarse en la concepción fiscalista de la biología del químico Linus Pauling, cuya concepción de la vida alude a una arquitectura natural en la que existen

varios niveles de organización, desde el atómico al de sistemas y organismos y, finalmente, al nivel ecosistémico, resultante de incluir otras formas de vida y sus interacciones.

Pero, como defienden la bióloga Lynn Margulis (1970), los biólogos y filósofos Francisco Varela y Humberto Maturana (1973) y el paleontólogo Stephen Jay Gould (2004), la vida es otra cosa. No surge *solo* como resultado de la ordenación de las estructuras más simples: la vida es una propiedad emergente, es un fenómeno de una dinámica molecular que constituye entidades discretas que son los seres vivos. El vivir es un proceso y, como decía Lynn Margulis, se parece más a un verbo, aunque nos refiramos a la vida con un sustantivo (ver, por ejemplo, Margulis y Sagan 1996).

2. NUEVAS SOLUCIONES PARA NUEVOS ENTORNOS

El entorno natural puede considerarse como la combinación de una *arquitectura natural* –en la que no está implicado el ser humano, es decir, que es producida por formas de vida no humanas–, y la arquitectura o *morfología de la naturaleza*, que se identifica con el sustrato geológico y su geodiversidad –geomorfología–, con el biotopo¹–. Esta última constituye el sustrato en el que las distintas formas de vida, también las humanas, se establecen y al que se adaptan y asientan sus propias construcciones.

Pero la vida no entiende de estas distinciones y se establece tanto en ambientes naturales como en ambientes artificiales o humanos. Estos últimos, que se generan como consecuencia de la acción antrópica, constituyen nuevos hábitats que a su vez dan origen a nuevos *nichos ecológicos potenciales o fundamentales* que pueden ser ocupados tanto por especies existentes como por otras nuevas. En una especie de paradoja antrópica², los ecosistemas artificiales o humanos están siendo colonizados por especies que surgen en ellos o que se trasladan desde los naturales. Por ejemplo, un estudio de la Universidad de Valencia (Universidad de Valencia 2015, Dorado-Morales et al. 2016) ha demostrado que las placas solares fotovoltaicas actúan como biotopo que aloja una amplia biocenosis³, constituida por más de quinientas especies de bacterias y hongos que se han adaptado a este ambiente “más similar a los desiertos que a ningún ecosistema humano o ecosistema microbiano urbano”.

La ocupación o habitación de nuevos entornos es un desafío, un problema o conflicto que debe ser resuelto. Como señalaban Subarsky et al. (1967, 10) en la introducción de un manual escolar elaborado para ayudar al profesorado a desarrollar actividades en las que niñas y niños de educación infantil y primaria pudieran observar y estudiar seres vivos en las aulas, “los seres humanos son miembros importantes de una comunidad ecológica. No solo debido a su efecto normal sobre otras formas de vida sino porque algunos de los desarrollos tecnológicos humanos alteran el equilibrio natural. A medida que las ciudades llegan a áreas salvajes, o cuando las carreteras atraviesan un

¹ Territorio o espacio vital cuyas condiciones ambientales son las adecuadas para que en él se desarrolle una determinada comunidad de seres vivos.

² El término “paradoja antrópica”, propuesto por Emilio Muñoz Ruiz y Jesús Rey Rocha (2022), define “las complejas situaciones de origen humano que crean contradicciones e incertidumbres [...] con múltiples efectos sobre el planeta y las sociedades”. Un ejemplo es el conflicto antrópico entre el anhelo de mejorar la vida y trascender nuestra naturaleza humana para convertirnos en creadores de vida –esto es, el transhumanismo–, y la contribución de nuestra especie al deterioro de las condiciones de habitabilidad del planeta.

³ Comunidad de organismos que ocupan un territorio definido por el cual están mutuamente condicionados para sobrevivir.

campo, ciertos animales y plantas desaparecen. Otros [...] aumentan en número.” Y es que, como explica el biólogo Menno Schilthuisen, cuando la naturaleza se topa con desafíos y oportunidades, responde evolucionando. “Y si le resulta posible, cambia y se adapta. Y cuanto mayor sea la presión, más rápidos y extensos serán los cambios que se produzcan” (2019, 5).

Es así que las formas de vida pueden entenderse como “soluciones” que permiten a los organismos responder y adaptarse a las condiciones naturales en las que existen, a los nuevos hábitats, a nichos ecológicos potenciales, y a *modos de vida* inéditos –entendiendo *modo* como la unificación de forma y función (Tapia 2017, 12)–. Así, desde esta perspectiva, la vida se muestra, en palabras de Lynn Margulis, como un proceso –el “proceso de la vida”–, como “un flujo de materia y energía más que [...] una simple mezcla de compuestos”, como algo más que un conjunto de construcciones, de formas (Lynn Margulis, entrevistada en Gallegos Riera 2007).

Algo parecido sucede al pensar en los ecosistemas como el resultado de un proceso progresivo que se ha denominado *sucesión ecológica* y que “se rige según unas *pocas* reglas que dictan cómo llegan las especies y en qué orden colonizan un lugar”, mediante una secuencia de procesos superpuestos, predecibles, de lo que se denomina *facilitación ecológica*, pero sin que las distintas especies “tengan un plan arquitectónico” (Sala 2022, 47-51). Esta predictibilidad que defiende Enric Sala, contrasta con las ideas del físico Ilya Prigogine, quien destaca la importancia que la autoorganización y el orden a partir del caos tienen en la naturaleza, en un cosmos que opera no solo a partir de leyes predeterminadas, sino de forma azarosa y creativa en búsqueda de nuevos fines y potencialidades (Velázquez 2020). Es decir, como defiende el zoólogo Konrad Lorenz (véase, por ejemplo, Padial 2022, 422), la evolución no opera según un diseño teleológico, pues no existen unos planes sobre los que se construye, aunque pueda admitirse la teleonomía funcional de los órganos y conductas en los vivientes.

Podríamos decir así, como propone el bioquímico Christian De Duve, que “puede existir un plan. Y este comenzó con la gran explosión o *big bang*”. Un plan, aunque solo sea dirigido a la máxima evolutiva de conservar lo que parece tener éxito para la supervivencia. Un azar que no opera en el vacío, sino con la selección natural de filtro, “en un universo gobernado por leyes precisas y constituido por una materia dotada de propiedades específicas” que “ponen coto a la ruleta evolutiva y limitan los números que pueden salir” (De Duve 1988, 356-357). Aunque, por otro lado, no podemos negar que ese plan podría no existir o tener un papel eventual, siguiendo a Lynn Margulis, más cercana a la propuesta de Ilya Prigogine, y basándose en la idea de que la autoorganización “no tiene en cuenta la fuerte dependencia de toda entidad respecto a la materia y la energía exteriores, en un contexto termodinámico generalizado: el *self* [la individualidad] es organizado por los otros desde fuera” (Margulis, en Punset 2006, 405).

3. EVOLUCIÓN HUMANA. ¿HACIA UNA DESCONEXIÓN CON LA NATURALEZA?

El cada vez mayor y más rápido desarrollo de tecnología humana, especialmente la que está basada en el uso de energía que procede indirectamente de otros seres vivos, energía fósil, tiene efectos sobre todo el planeta; en distintos y desiguales grados y a diferentes velocidades, afecta a todos y cada uno de los entornos que habitamos, así como a las diferentes formas de vida. Este fenómeno se produce desde tiempos remotos y de modo continuo, –acelerándose quizá a partir de hace unos 70.000 años con la aparición de nuestra subespecie *Homo sapiens sapiens* y, especialmente, durante

los que suelen considerarse como hitos civilizatorios de la humanidad –aunque lo sean solo de la cultura occidental– tales como las llamadas revoluciones agrícola, industrial y tecnocientífica, estrechamente vinculadas al desarrollo de tecnologías que emplean fuentes de energía dependientes de otros seres vivos –tracción animal– o que ya no lo están –combustibles fósiles–.

Una de las características del modelo actual de desarrollo de la cultura humana occidental, planteado en torno a una concepción de crecimiento ilimitado y a la tecnologización y basado en la idea de que el ser humano debe y puede controlar la naturaleza para mejorar sus condiciones de vida⁴, es precisamente el alejamiento de la naturaleza y de otras formas de vida que la habitan. En nuestro deseo de trascender nuestra condición humana, la investigación destinada a conocer la arquitectura de la vida –desde su nivel atómico y molecular al de ecosistemas; en su ámbito químico, físico y biológico– coexiste con el desarrollo de tecnologías –como la ingeniería genética– y movimientos intelectuales –como el transhumanismo– que ambicionan modificarla para *mejorarla*, caminando hacia una transición deseada –en el sentido de búsqueda intencionalmente– hacia la consecución de lo que se propone como un *mejoramiento* de las especies (Román Maestre 2019). Este proceso de *mejora* podría a su vez generar nuevas especies. En el caso de los seres humanos, como se atreven a proponer autores osados como Yuval Noah Harari, nos dirigimos, incluso, hacia un “endiosamiento” o elevación hacia la deidad que desembocaría en el “*Homo deus*”, según su propia denominación (Harari 2016).

Esta ingeniería aplicada tanto a los cuerpos como a los biotopos, está acompañada de un tránsito hacia una cada vez mayor presencia de la virtualidad, designada con el oxímoron de realidad virtual, no sólo a través de tecnologías con pantallas –videojuegos, teléfonos inteligentes, aplicaciones de realidad virtual– sino también de otras que generan, por ejemplo, alimentos artificiales análogos a los de origen animal o vegetal, como “carnes artificiales”.

Una de las consecuencias de la cultura humana occidental reciente, es su efecto acelerador del cambio ambiental global que ha desembocado ya en una crisis ecológica, en una “pandemia ambiental”⁵ (Rey Rocha y Muñoz Ruiz 2021a, 2021b), que incluye una crisis de la biodiversidad. Esta está considerada como uno de los problemas medioambientales más graves de nuestro tiempo, acrecentado por los impactos de las alteraciones climáticas (Mace et al. 2012). Así lo ha indicado Antonio Guterres, secretario general de Naciones Unidas, al identificarla como uno de los elementos de la “triple crisis planetaria” a la que se enfrenta la humanidad, junto con el “cambio climático” y la contaminación.

Esta crisis de biodiversidad se produce en sus tres niveles *genético, específico y ecosistémico*, pues la biodiversidad, como aclara el artículo 2 del Convenio sobre la Diversidad Biológica (Naciones Unidas 1992), hace referencia a “la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas”. Es decir, la biodiversidad es un constructo multidimensional cuyo significado incluye también dimensiones políticas y sociales; y está reflejada en las poblaciones, en las comunidades

⁴ Ya en el siglo XVII, Francis Bacon propuso que una finalidad nueva para la ciencia era otorgar al hombre –el masculino se utilizaba de forma intencional– poder sobre la naturaleza que le permitiría mejorar sus condiciones de vida (Chalmers, 2010).

⁵ Jesús Rey y Emilio Muñoz han acuñado el concepto “pandemia ambiental” en sustitución de *cambio climático*, que consideran demasiado genérico y difuso para referirse al fenómeno que se pretende describir. Según los autores, nos encontramos ante un proceso que no puede considerarse un mero cambio, y que no afecta únicamente al clima, sino al conjunto del medioambiente. Se trata de un proceso de cambio global en una dirección determinada, de *deterioro ambiental*, que tiene causas antropogénicas bien documentadas, una enfermedad epidémica ambiental y ecológica, que se extiende por todo el planeta, afectando al conjunto del sistema.

de seres vivos y se encuentra en la base de todos los procesos ecológicos, pues interacciona con la atmósfera, la geosfera y la biosfera, y determina el ambiente de todos los organismos, incluidos los seres humanos (Hooper et al. 2005; Mace et al. 2012; Europa Press 2022). Sin embargo, la magnitud de la crisis de la biodiversidad no suele percibirse en toda su dimensión. Comúnmente, suele considerarse únicamente como la extinción de especies, que es quizá el nivel más visible. De hecho, los restos arqueológicos prueban la presión e impacto de la especie humana sobre los ecosistemas y la diversidad biológica (Groombridge y Jenkins 2003, Balmford y Bond 2005) y permiten estimar que, actualmente, la tasa de extinción de especies a causa de las actividades humanas es, al menos, cien veces superior a la natural, calculada con base en el registro fósil (Singh 2002, Ceballos et al. 2017, Ceballos y Ehrlich 2018).

Las actividades humanas afectan tanto a micro como macroorganismos. Un ejemplo de ello es la aparición de enfermedades zoonóticas en la especie humana, causadas por la materialización de nuevas oportunidades de interacción con animales silvestres, a través de las cuales microorganismos patógenos son capaces de transmitirse y en su nuevo hospedador, la especie humana, se adaptan para sobrevivir y reproducirse. Otro ejemplo es el de ciertas aves que están construyendo sus nidos con materiales no habituales, concretamente con residuos humanos, como colillas, plásticos, etc. Algunos estudios están mostrando ya que la supervivencia de estas aves se está reduciendo (Jagiello et al. 2022). De ser así, finalmente repercutirá en la población de aves en las ciudades, con las consecuencias que esto puede acarrear para el equilibrio ecológico.

Paradójicamente, la pandemia ambiental de origen antropogénico –y androgénico, ver más adelante– y los fenómenos extremos asociados a ella –sequías, grandes incendios, fenómenos climáticos extremos, desertificación de hábitats, deshielos masivos, deforestación, etc.– tienen consecuencias socioeconómicas también para la especie humana –crisis alimentarias; transformación o destrucción de su territorio debido al aumento del nivel del mar; migraciones por causas climáticas y ambientales, etc.– (Duarte et al. 2006; IPCC 2022) que nos recuerdan el estrecho vínculo que sigue manteniendo con la naturaleza y el medio ambiente.

José Ortega y Gasset (1929) afirmaba que “La vida, que es, ante todo, lo que podemos ser, vida posible, es también, y por lo mismo, decidir entre las posibilidades lo que en efecto vamos a ser. Circunstancia y decisión son los dos elementos radicales de que se compone la vida”. La evolución de nuestra especie, *Homo sapiens*, nos ha dotado de una enorme capacidad de influir sobre el medio ambiente y modificarlo. Nuestra evolución cultural, más rápida que la biológica, nos permite aventurar la capacidad de modificar o, incluso, diseñar y crear la futura conformación de otros seres vivos, incluido nuestro propio ser. Nuestras decisiones nos están situando en una paradoja antrópica que, a la vez que nos separa cada vez más del medio natural, nos hace, también cada vez más, estar más próximos, ser más dependientes de éste.

4. *HOMO SAPIENS*, ESPECIE CLAVE

La población humana ha superado ya, en noviembre de 2022, los 8.000 millones de habitantes (Naciones Unidas, 2022); y el peso de sus construcciones, de los objetos que ha creado, supera en la actualidad al del resto de la biomasa generada por el planeta (Elhacham et al. 2020). Salvo que se produzca un giro coopernico en nuestra evolución, sobre todo en la de la cultura dominante –la occidental– y en su tecnología, es previsible que la población humana siga aumentando en número,

al menos a corto y medio plazo, principalmente en las ciudades y, consecuentemente, su impacto sobre los ecosistemas del planeta y sobre los procesos y las relaciones que se producen en ellos – clima, cadenas tróficas, migraciones, desigualdad, etc.–. Así, es previsible, que se amplifique nuestro papel como *especie clave*. Este concepto, propuesto y desarrollado en el ámbito de la zoología por Robert T. Paine (1995) y Mary E. Power et al. (1996), respectivamente, hace referencia a aquellas especies cuyo efecto en el funcionamiento de un ecosistema es desproporcionadamente grande en relación con lo esperable en función de su abundancia, de modo que éste puede sufrir un cambio drástico si esa especie desaparece; e, incluso, siguiendo a Natasha B. Kotliar (2000), a aquellas especies que llevan a cabo papeles no desarrollados por otras especies o procesos y, por tanto, son capaces de determinar la composición de toda una comunidad ecológica.

Erle C. Ellis et al. (2021) defienden que la humana es una especie clave desde hace milenios y que muchas prácticas tradicionales y pueblos indígenas desempeñan actualmente un papel esencial en la preservación de la biodiversidad. Su estudio del impacto de la especie humana sobre el planeta en los últimos 12.000 años revela que no es la gente *per se* la que ha conducido a una espiral descendente, sino la sobreexplotación de los recursos. En esta línea, Schilthuizen (2019, 256), en un ejercicio quizás un tanto hiperbólico –aunque es cierto que la magnitud de nuestro impacto sobre el conjunto del planeta no tiene precedentes en tipo, grado y extensión– se atreve a amplificar el calificativo y sustantivo al pensar en los seres humanos como una *superespecie hiperclave* en la creación de ecosistemas (“*hyper keystone, ecosystem engineering super tramp species*”). Marina Alberti, investigadora de la ecología urbana y de las ciudades como ecosistemas híbridos, coincidiendo con el propio Schilthuizen, se aventura a afirmar que “la especie humana está cambiando la configuración genética del planeta”. Señala la coevolución con otros organismos como una oportunidad, pero también como una responsabilidad para nuestra especie, en un desafío que no está segura de que la especie humana vaya a asumir, tanto en lo que se refiere “al modo en que diseñamos y administramos nuestros entornos urbanos” como –y esto es un aspecto crucial para la sostenibilidad del planeta y el futuro de las formas de vida que lo habitan– a nuestra capacidad –y Alberti se pregunta si la tendremos– de “canalizar el potencial de la evolución urbana y usarlo para hacer que las ciudades sean mucho más habitables en el futuro” (Schilthuizen 2019: 240).

No parece imposible que, en una determinada etapa de nuestra evolución, los flujos poblacionales se inviertan y que, a la misma velocidad que han crecido las grandes urbes, se produzca una tendencia inversa, un decrecimiento y desmantelamiento de éstas⁶, una redistribución de la población en núcleos urbanos más reducidos, con modelos que no tienen necesariamente por qué ser iguales a los que hemos conocido o conocemos, ya que, como el río de Heráclito, ni los seres humanos ni sus hábitats serán los mismos. Para ello, las formas de vida (o formas de vivir) humanas deberían cambiar también –o quizá deba suceder esto primero–, evolucionar desde una artificialidad que nos aleja de la naturaleza, hacia una *restitución integradora* que se aproxime al orden natural y restituya las interacciones perdidas con el entorno y el resto de especies, o bien las sustituya por un nuevo orden de interacciones sostenibles. La Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas advierte que este

⁶ Tan utópico, pero también tan posible, como lo ocurrido desde 1700 –momento en que la ciudad más grande del mundo, Estambul, contaba con poco más de 700.000 habitantes– hasta solo tres siglos más tarde –cuando la urbe más populosa del planeta, a la sazón Tokio, superaba los 34 millones–; o como el crecimiento de la población de la ciudad de Nueva York, que necesitó menos de 100 años para multiplicar por 20 el medio millón de personas que la habitaban en 1842.

cambio de paradigma requiere cambios de comportamiento a gran escala, así como alteraciones en los modos de producción, en los patrones de consumo y en la utilización de los recursos naturales (IPBES 2019). Así, este cambio en nuestras creencias y comportamientos colectivos, tendrá que ir acompañado de la conjugación de esfuerzos de diferentes agentes y sectores sociales y en distintos campos: social, ecológico, político.

Se trataría, en cierto modo, de una *resilvestración* o *renaturalización* (*rewildinging*) entendida como lo hace Enric Sala (2022, 152), es decir, enfocada hacia el futuro, contribuyendo al buen funcionamiento y maduración de los ecosistemas. Sería una especie de *avance al pasado*, entendido no como el retorno al estado inicial u otro estado pretérito, no como una vuelta a un *ecosistema prehumano* tras el cese de aquello que perturba nuestra existencia –como se esperaba cuando se hablaba de *vuelta a la normalidad* tras el cese de la pandemia de covid-19–, sino en el sentido de resiliencia como “capacidad humana de asumir con flexibilidad situaciones límite y sobreponerse a ellas” y como “adaptación a las nuevas circunstancias y, por tanto, una evolución hacia una situación más apropiada y acorde con éstas”⁷. Una *resiliencia evolutiva* (Rey Rocha y Muñoz Ruiz 2021c).

5. CO(EVOLUCIÓN) DEL SER HUMANO CON EL RESTO DE FORMAS DE VIDA DEL PLANETA

La humana, como las demás especies, es un *metaorganismo*: no ha evolucionado en soledad, sino acompañada de multitud de especies, entre ellas, las que conforman la fauna y flora salvajes, el ganado y las mascotas, y las plantas de cultivo; pero también de una amplia diversidad de organismos a los que estamos si cabe más íntimamente ligados porque habitan en nuestro cuerpo: bacterias, hongos, protistas, ácaros, helmintos y virus.

La presunción de la supremacía y el control humano sobre el mundo natural que, como ya se ha señalado, termina por alejarnos aún más de él, está asociada a la visión occidental del planeta como proveedor de recursos ilimitados (Meadows et al. 1972) que pueden ser explotados sin fin para responder a nuestras necesidades –sean estas reales o creadas–. Esta cosmovisión antropocéntrica (y androcéntrica), explotadora, ha “regido la relación del ser humano con la naturaleza durante milenios” (Wulf 2016, 88), desde la máxima de que “la naturaleza ha hecho todas las cosas específicamente al servicio del hombre” de Aristóteles, hasta la afirmación del botánico Carl Linneo más de dos mil años después, en 1749, de que “todas las cosas están hechas al servicio del hombre”. El término hombre se usa aquí para hacer referencia al sexo masculino no como sinónimo de humanidad, ni del ser humano, porque los autores mencionados así lo emplearon, pero también porque es un claro reflejo de que la explotación de la naturaleza, responde a la misma lógica que la subordinación de las mujeres a los hombres: la premisa de la supeditación de la vida a la prioridad de la obtención de beneficios propia de la lógica de la dominación patriarcal; mujeres y naturaleza comparten, en el capitalismo patriarcal, el mismo lado de las dicotomías del pensamiento moderno: la invisibilidad, el desprecio, el sometimiento o la explotación (Segura y Cavana 2005; Velasco Sesma 2017; Puleo 2019; Shiva y Mies 2020).

⁷ Respectivamente, primera aparición del término ‘resiliencia’ en el diccionario de la RAE de 2014, como única acepción (edición de 2014) y primera acepción en su edición de 2022.

La alternativa a esta cosmovisión explotadora es la de la comunión o sentido de pertenencia a un sistema natural, que tiene su representación quizás más significativa en la hipótesis Gaia, que “propone que todos los organismos y su entorno inorgánico en la Tierra están estrechamente integrados para formar un sistema complejo único y autorregulado, que mantiene las condiciones para la vida en el planeta” (Harvard University. *Gaia hypothesis*⁸). Esta cosmovisión considera al planeta Tierra como un organismo vivo, como un superorganismo, donde todo está conectado, y del cual formamos parte y dependemos para nuestro sustento y el mantenimiento de nuestra salud física y mental.

La hipótesis Gaia es una posible respuesta a la crisis climática y ecológica actual, aunque no es reciente. Fue formulada como tal en la década de 1970 por James Lovelock (1972) y desarrollada por este autor y Lynn Margulis (Lovelock y Margulis 1974), aunque James Hutton ha sido señalado como uno de los precursores de esta hipótesis, pues ya en 1785 hablaba de la Tierra como de un “superorganismo” (García Cruz 2007; Espinosa Rubio 2020)⁹. Pero, quizá sea ésta una cosmovisión consustancial al ser humano. Su presencia en las comunidades humanas no occidentales que conviven estrechamente con la naturaleza, como los indígenas Potawatomi, así lo muestra. Para este pueblo la tierra es un ser vivo, un ser sagrado por el que los seres humanos tienen una responsabilidad moral; su reconocimiento de que “la mayor parte de lo que utilizamos diariamente es el resultado de otra vida, distinta a la nuestra” les lleva a pedir permiso a las plantas, a los animales y al medio que les rodea cuando necesitan utilizarlos (Kimmerer, 2021).

La evolución darwiniana, como puntualiza Gould (1998, 161), “no puede interpretarse como una teoría de progreso, sino como un mecanismo para conseguir mejores adaptaciones a los ambientes locales cambiantes”. Cabe preguntarse, provocativamente, si el proceso de globalización, que hace que el planeta parezca más pequeño, y el incremento de la movilidad del ser humano –y paralelamente de especies importadas/exportadas, voluntaria o involuntariamente– pueden tener algún efecto sobre la *localidad* de la evolución de las formas de vida. Así, cabe preguntarse también, como hace la filósofa Carla Carmona recogiendo y ampliando la propuesta de identidad de Charles Taylor como interacción y diálogo “con los otros” (Taylor 1993, 51-2, citado en Carmona 2017, 23-24) si las dinámicas de nuestras ciudades dificultan el reconocimiento –que el autor plantea como una necesidad humana vital– entre esos “otros”, y en caso afirmativo, estudiar posibles soluciones.

Esta idea de identidad sugiere que la de la especie humana no es algo innato que brota de nuestro interior, sino que se construye a partir de la interacción y el diálogo con nuestro entorno físico y con un entorno biológico que incluye a otras personas y al resto de especies con las que

⁸ <https://courses.seas.harvard.edu/climate/eli/Courses/EPS281r/Sources/Gaia/Gaia-hypothesis-wikipedia.pdf>

⁹ Pueden encontrarse antecedentes, en esos mismos años, en la obra de Friedrich Schelling, que calificó a la naturaleza como un organismo vivo del que somos parte y en el que todo está interconectado (Pérez-Lanzac 2022), o en Alexander von Humboldt, que, como señala Andrea Wulf (2016, 169), “trenzaba el mudo físico, biológico y cultural, y mostraba una imagen de modelos globales”. Ernst Haeckel (1866), daría nombre a la disciplina de la Ecología (*Oecologie*) –formada a partir de la palabra griega *oikos* (hogar) y aplicada al mundo natural– para describir a la “ciencia de las relaciones de un organismo con su entorno”, recogiendo la idea de Humboldt de la naturaleza como una totalidad unida y considerando que la naturaleza orgánica e inorgánica formaba “un sistema de fuerzas activas”. Más recientemente, Gould (2003, 132) incide sobre esta idea, al señalar que “la naturaleza es una unidad en la diversidad de los fenómenos; una armonía, que mezcla todas las cosas creadas, por disimilares que sean en forma y atributos, un gran todo animado por el hábito de la vida”. Y Timothy Lenton y Bruno Latour (2018) proponen, en esta nueva época geológica denominada Antropoceno, un nuevo estado, Gaia 2.0, resultante de nuestra creciente concienciación sobre las consecuencias globales de nuestras acciones, que nos lleva, o nos debería llevar, a una autorregulación deliberada, a través de elecciones conscientes para operar dentro de Gaia.

cohabitamos, que no son tan distintos a nosotros. Cada vez existen más evidencias a favor de que nuestras diferencias con el resto de los animales, son de grado más de que tipo y de que nuestras similitudes son el resultado de la adaptación a las variaciones del entorno local, pues ante cambios similares, se producen respuestas también similares en una gran diversidad de formas de vida. Los resultados del reciente estudio realizado por los economistas Toman Barsbai y Andreas Ponderfer y el biólogo evolucionista Dieter Lukas apoyan la idea de que las condiciones locales pueden seleccionar comportamientos similares en humanos y en animales no humanos (Barsbai, Lukas y Ponderfer 2021), en línea con la premisa básica de la perspectiva evolutiva de la denominada *ecología del comportamiento humano* o *ecología evolutiva humana* (Hill y Boyd 2021, 236). Por otra parte, tampoco la cultura y el aprendizaje social son atributos exclusivamente humanos. A esta conclusión llegaron, entre las décadas de 1950 y 1970, las primatólogas pioneras Jane Goodall (1964), Dian Fossey¹⁰ y Biruté Galdikas (1975, 1982), estudiando chimpancés, gorilas y orangutanes, respectivamente, aunque fueron fuertemente cuestionadas y menospreciadas por la comunidad científica (Marín 2020); lo propuso también, con un resultado similar, el etólogo y primatólogo Jordi Sabater Pi (Jones y Sabater Pi 1969), cuya memoria y obra han sido recientemente recuperadas y puestas en valor, en el centenario de su nacimiento (Muñoz Molina 2022; Par 2022; Pou 2022).

Schilthuizen (2019) ha estudiado el aprendizaje, la adaptación y la evolución de las especies no humanas en el entorno de las grandes ciudades, considerando tanto el efecto de la especie humana en dicho entorno, como las implicaciones del mundo que genera, teleconectado no solo a través de las tecnologías de la telecomunicación, sino también físicamente. Esta “teleconexión” (Seto et al. 2012; Alberti 2015) tiene importantes efectos favorecedores del comercio global de seres vivos –ej. plantas ornamentales, mascotas– y de su difusión involuntaria desde su hábitat originario –ej. semillas, hongos, microorganismos y animales diminutos que se transportan en la ropa, en el equipaje, en los zapatos, o en los vehículos– e, incluso, del transporte a gran escala que Schilthuizen define como “transporte de ecosistemas enteros” – por ej., en los tanques de lastre de los grandes buques, que llenan y vacían su contenido en las distintas zonas por las que se desplazan–. Una multiplicidad de especies que, en unos casos, acaban estableciéndose en el nuevo entorno y conviviendo con las especies nativas o procedentes asimismo de otros orígenes y ya establecidas; y, en otros, desplazan a las establecidas, o actúan como agentes patógenos cuya multiplicación puede dar lugar a epidemias y pandemias.

Como consecuencia de ello, en un fenómeno de homogeneización global, los hábitats y ecosistemas en los que habita la especie humana a lo largo y ancho del globo, especialmente los urbanos, tenderán a parecerse cada vez más. No solo por la presencia de tiendas de grandes multinacionales sino, para el ojo más atento y experto, por las especies formas de vida que comparten, cuya mezcla está produciendo una biodiversidad urbana globalizada que, si bien no siempre contiene especies idénticas al comparar las de una ciudad y otra, sí acabara generando especies similares que evolucionarán para desempeñar papeles equivalentes.

En este sentido, las propuestas de Carmona (2017, 23), que aplica las ideas de Taylor, podrían ser una buena respuesta a los efectos del proceso de globalización, el incremento de la movilidad del ser humano y las dinámicas de nuestras ciudades en otras formas de vida: “concederle lugares dignos en nuestras ciudades” a una forma de vida para que alcance reconocimiento y fomentar “una

10 Las publicaciones científicas de Dian Fossey se pueden localizar en la página web de la Fundación *Dian Fossey Gorila Fund*: <https://gorillafund.org/what-we-do/scientific-research/scientific-publications/>

arquitectura procuradora de lugares para las diferentes formas de vida que cohabitan la ciudad”. Así, pensamos que la arquitectura, el urbanismo, deben tener en cuenta las diferentes formas de vida, poniendo de relieve su existencia y señalando y teniendo en cuenta sus diferencias, pero no solo, ya que esto desemboca en una segregación que conduce a la desigualdad. Además, debe favorecer “el diálogo y la interacción activa entre dichas manifestaciones culturales”. Sería posible, por tanto, identificar una arquitectura, un urbanismo o, en términos más generales, un hábitat, *inter-especies*, *inter-modos* o *inter-formas de vida* –que no se quede en el estadio *multi*–, en el que las diferentes formas de vida –humanas, por supuesto, pero también las no humanas– sean reconocidas y se les concedan lugares dignos en nuestros hábitats humanos en continua evolución. Esta propuesta no debe tomarse en un sentido estricto por cuanto no sugiere prescindir de la lucha contra formas de vida manifiestamente patógenas y perjudiciales para nuestra salud o para la del conjunto de la biocenosis. Pero, ¿dónde se encuentra la frontera? Los límites de la consideración de alimañas, plagas o especies simplemente molestas, son a menudo difusos.

Nuestros pasos hacia la sostenibilidad y la *naturalización* de las ciudades parecen centrarse en y limitarse a una integración –que no siempre implica una inclusión–, de especies domesticadas y de algunas especies que habitan la ciudad y los hogares humanos, en un urbanismo y una arquitectura llamados verdes o ecológicos. Pero, abogamos, además, en la línea de la propuesta de Jesús Rey y Carmen Andrade (2021), por un “urbanismo interdisciplinar, humanista, evolutivo, ecológico y ciudadano”, que considere las ciudades “como organismos en los que todos los elementos están interrelacionados, dependiendo unos de otros” y, desde un punto de vista evolutivo, “como entes que evolucionan y cambian en respuesta a las presiones, desafíos y oportunidades, adaptándose a los nuevos requisitos y necesidades de sus habitantes, tanto humanos como no”. Esta idea se observaba ya en Peter Sloterdijk (2012) que, en su última etapa, trataba de dar respuesta a la crisis global proponiendo el imperativo ineludible de la supervivencia centrado no únicamente en una economía globalmente sostenible, sino también en una moral globalmente sostenible, o, en el sentido propuesto por Ludwig Wittgenstein, “morales, sistemas de coordenadas de valores, globalmente sostenibles, en plural” (Carmona 2017, 21).

Proponemos, para terminar este apartado, una reflexión tomando prestado el concepto de *crisol de culturas* o *crisol cultural* –traducción del inglés *melting pot*–, para aplicarlo al ámbito de la integración de formas de vida y apelar a un eventual *crisol de formas de vida* (*life forms melting pot*) en una convivencia sostenible y armoniosa entre sí y con el entorno.

6. PANDEMIA AMBIENTAL Y PARADOJAS ANTRÓPICAS: REFLEXIONES FINALES

La especie humana ya ha alcanzado una capacidad tecno-destructiva que le permitiría la aniquilación del planeta, incluso de forma inmediata a través de la energía nuclear y, con ella, la de todas las formas de vida que lo habitan –salvo que exista en el planeta Tierra alguna forma de vida resistente a un holocausto nuclear que fuera capaz de mantenerse en el espacio, o en los restos del planeta, hasta alcanzar otro que le resulte habitable–. Y lo ha hecho antes de que su capacidad tecnológica le haya permitido encontrar una nueva vivienda, o bien construir una “estrella de la vida”, a la que mudarse. Además, ha alcanzado la capacidad de alterar significativamente el medio ambiente del planeta, generando una crisis ecológica que ya está perjudicando notablemente la

supervivencia de la humanidad y del resto de biodiversidad del planeta, incluidas otras formas de vida. Por su parte, las tecnologías disruptivas como la bioingeniería y la biología sintética avanzan aceleradamente y obtienen resultados que son considerados por algunas personas como una mejora para especies animales y vegetales y que podrían, junto con la inteligencia artificial, llegar a alcanzar la capacidad de, “cambiar la naturaleza misma del género humano”, como señala Harari (2018).

En paralelo, nos encontramos frente a la paradoja de que una crisis ambiental y ecológica, una pandemia ambiental, que destruye hábitats naturales y genera una pérdida de biodiversidad, favorece la proliferación y diversificación de formas de vida asociadas a los hábitats humanos, así como de patógenos de origen zoonótico que entran más fácilmente en contacto con el ser humano y con las especies que le acompañan.

Las interacciones entre los distintos elementos que conforman los ecosistemas artificiales, particularmente los urbanos, tienen diversas implicaciones e impactos sobre las formas de vida que los habitan y plantean interesantes retos para la investigación: cómo la evolución urbana afecta a los propios ecosistemas urbanos y se refleja en ellos; las consecuencias de la interacción entre las formas de vida urbanas y la arquitectura de los ecosistemas urbanos y su evolución; las consecuencias para el ecosistema urbano de la introducción de nuevas especies, que como hemos visto pueden evolucionar para integrarse en ellos, o bien convertirse en especies invasoras con un potencial influjo negativo; o el efecto que las especies evolucionadas en ecosistemas urbanos pueden tener, en este planeta globalizado, sobre los ecosistemas y las formas de vida silvestres.

En el modo que elijamos para afrontar estos desafíos y aplicar las tecnologías, y en nuestro comportamiento ante ellos, en esas nuestras decisiones a las que aludía Ortega, tienen un papel fundamental los valores y la ética; la razón, y también las percepciones y las emociones. Inevitablemente, la política y la gobernanza, así como las instituciones, han de tener y seguirán poseyendo una representación y un cometido principal. La ciudadanía se constituye asimismo como un vector de convergencia que puede tener gran relevancia expresándose a través de la acción cotidiana, de la participación ciudadana y política, de la inteligencia colectiva apoyada por la ciencia y el conocimiento experto, del uso de las posibilidades y la potencia que permiten las redes sociales y del ejercicio de la democracia, un derecho y una importante herramienta para mejorar las condiciones de nuestra propia vida. Así pues, no debemos olvidar nuestro papel, el de la especie humana, involucrándonos activamente en la modelación y conservación de los ecosistemas que habitamos, sea cual sea su tamaño y características. Dos buenos ejemplos de “comunidades de urbanitas concienciados” son los *satoyama*, concepto japonés que hace referencia a la agrupación de quienes residen en una ciudad para restaurar y conservar los paisajes que sobreviven dentro de ella, siguiendo las formas ancestrales como las comunidades rurales de Japón gestionaban el entorno natural; y las posibilidades que el desarrollo tecnológico ofrece para que la ciudadanía participe en la investigación sobre su propio ecosistema a través de proyectos de ciencia ciudadana, que podemos calificar como una suerte de lo que Schilthuizen califica como “investigación evolutiva urbana” (Schilthuizen 2019, 248-250).

Queremos, por último, apelar a las emociones en este proceso, como hacen muchas de las personas que nos han inspirado para escribir este artículo, entre ellas Schilthuizen quien, en el último capítulo de uno de sus libros (2019, 253), reflexiona sobre el implacable proceso urbanizador que ha afectado a los paisajes donde transcurrió su niñez y se reafirma en la idea de que no resulta incoherente echar de menos lo perdido y reconocer a la vez que a cambio hemos ganado algo que también tiene su valor. No obstante, para enfrentar el conocimiento de los retos, implicaciones

e impactos derivados de la acción humana, de la urbanización de los espacios naturales y de la evolución de las formas de vida que los habitan, es necesaria una aproximación que trascienda una perspectiva antropocéntrica y se acometa, por el contrario, desde una aproximación holística, sistémica y estructural; que aborde el proceso y sus consecuencias como un todo más allá de la suma de las partes que lo componen, teniendo en cuenta la totalidad del sistema implicado –en este caso, la globalidad del planeta y las formas de vida que lo habitan, sin desdeñar la influencia de los elementos del cosmos que lo influyen– y la disposición y modo en que se relacionan dichas partes. Todo ello, bajo una aproximación necesariamente multi- e interdisciplinar.

8. REFERENCIAS

- Alberti, Marina. 2015. “Eco-evolutionary dynamics in an urbanizing planet”. *Trends in Ecology & Evolution*, 30, 2: 114-126. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.11.007>.
- Balmford, Andrew y Bond, Willian. 2005. “Trends in the state of nature and their implications for human well-being”. *Ecology Letters*, 8, 11: 1218-34. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00814.x>.
- Barkow, Jerome H.; Tooby, John y Cosmides, Leda. 1992. *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*. Oxford: Oxford University Press.
- Barsbai, Toman; Lukas, Dieter y Pondorfer, Andreas. 2021. “Local convergence of behaviour across species”. *Science*, 371: 292-5. <https://doi.org/10.1126/science.abb7481>.
- Carmona, Carla. 2017. “Edificar formas de vida. Whittgenstein y Sloterdijk para la interculturalidad”. *Astrágalo*, 23: 15-26. <https://institucional.us.es/revistas/Astragalo/23/5-14.pdf>.
- Ceballos, Gerardo y Ehrlich, Paul R. 2018. “The misunderstood sixth mass extinction”. *Science*, 360, 6393: 1080-1. <https://doi.org/10.1126/science.aau0191>.
- Ceballos, Gerardo; Ehrlich, Paul R. y Dirzo, Rodolfo. 2017. “Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines”. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114, 30: E6089-E6096. <https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114>.
- Chalmers, Alan F. 2010. ¿Qué es esa cosa llamada Ciencia? (Última edición). Madrid: Siglo XXI
- De Duve, Christian. 1988. *La célula viva*. Barcelona: Labor.
- Dorado Morales, Pedro et al. (2016) “A highly diverse, desert-like microbial biocenosis on solar panels in a Mediterranean city”. *Scientific Reports*, 6: 29235. <http://dx.doi.org/10.1038/srep29235>.
- Duarte, Carlos M. (coord.); Alonso, Sergio; Benito, Gerardo; Dachs, Jordi; Montes, Carlos; Pardo, Mercedes; Ríos, Aida F.; Simó, Rafel y Valladares, Fernando. 2006. *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Elhacham, Emily; Ben-Uri, Liad; Grozovski, Jonathan; Bar-On, Yinon M. y Milo, Ron. 2020. “Global human-made mass exceeds all living biomass”. *Nature*, 588: 442-444. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-3010-5>.
- Ellis, Erle C.; Gauthier, Nicolas; Goldewijk, Keees Klein y Watson, James E.M. 2021. “People have shaped most of terrestrial nature for at least 12,000 years”. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118, 17: e2023483118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2023483118>.
- Espinosa Rubio, Luciano, 2020. “Lynn Margulis y la fuerza de la vida”. En *La cosmovisión de los grandes científicos del siglo XX*, Juan Arana (Director), 305-314. Madrid: Tecnos.
- Europa Press. 2022. “Guterres señala que el mundo enfrenta desafíos sin precedentes para los Derechos Humanos y llama a la acción”. *Europa Press Internacional*, 10 de diciembre. <https://www.eu->

ropapress.es/internacional/noticia-guterres-senala-mundo-enfrenta-desafios-precedentes-derechos-humanos-llama-accion-20221210072123.html.

- Galdikas, Biruté M. F. 1975. "Orangutans, Indonesia's «people of the forest»". *National geographic*, 148 (4): 444-472
- Galdikas, Biruté M. F. 1982. "Orangutan tool-use at Tanjung Puting Reserve, Central Indonesian Borneo (Kalimantan Tengah)". *Journal of Human Evolution*, 11 (1): 19-24. [https://doi.org/10.1016/S0047-2484\(82\)80028-6](https://doi.org/10.1016/S0047-2484(82)80028-6).
- Gallegos Riera, Pablo. 2007. "Lynn Margulis, microbióloga estadounidense considerada una de las principales figuras del evolucionismo". *UABDIVULGA*, marzo. <https://www.uab.cat/web/detalle-noticia/lynn-margulis-microbiologa-estadounidense-considerada-una-de-las-principales-figuras-del-evolucionismo-1345680342040.html?articleId=1096483417494>.
- García Cruz, Cándido Manuel. 2007. "De la «Teoría de la Tierra» de James Hutton a la «Hipótesis Gaia» de James Lovelock". *Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*, 59, 1: 65-100.
- Goodall, Jane. 1964. "Tool-using and aimed throwing in a community of free-living chimpanzees". *Nature*, 201: 1264-1266. <https://doi.org/10.1038/2011264a0>.
- Gould, Stephen Jay. 1998. *La montaña de almejas de Leonardo. Ensayos sobre historia natural*. Barcelona: Crítica
- Gould, Stephen Jay. 2003. *Acabo de llegar. El final de un principio en historia natural*. Barcelona: Crítica.
- Gould, Stephen Jay. 2004. *La estructura de la teoría de la evolución*. Barcelona: Tusquets.
- Groombridge, Brian y Jenkins, Martin. 2003. *World Atlas of Biodiversity: Earth's Living Resources in the 21st century*. University of California Press y UNEP World Conservation Monitoring Centre.
- Haeckel, Ernst. 1866. *Generelle Morphologie der Organismen*. Berlin: Georg Reimer.
- Harari, Yuval Noah. 2016. *Homo Deus. Breve historia del mañana*. Barcelona: Penguin Random House.
- Harari, Yuval Noah. 2018. *21 lecciones para el siglo XXI*. Barcelona: Debate.
- Hill, Kim y Boyd, Robert. 2021. "Behavioral convergence in humans and animals". *Science*, 371, 6625: 235-6. <https://doi.org/10.1126/science.abf7572>.
- Hooper, David U.; Chapin III, F Stuart; Ewel, John J.; Hector, Andrew; Inchausti, Pablo; Lavorel, Sandra; Lawton, John H.; Lodge, David M.; Loreau, Michel; Naeem, Shahid; Schmid, Bernhard; Setälä, Heikki; Symstad, Amy J.; Vandermeer, John y Wardle, David A. 2005. "Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge". *Ecological Monographs*, 75, 1: 3-35. <https://doi.org/10.1890/04-0922>
- IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services). 2019. *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Eduardo S. Brondizio, Josef Settele, Sandra Díaz y Hien T. Ngo (editores). IPBES secretariat, Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>.
- IPCC. 2022: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösckke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press., 3056 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>.
- Jagiello, Zuzanna; Corsini, Michela; Dylewski, Lukasz; Ibáñez-Álamo Juan Diego y Szulkin, Marta. 2022. "The extended avian urban phenotype: anthropogenic solid waste pollution, nest design,

- and fitness". *Science of the Total Environment*, 838, 2: 156034. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156034>.
- Jones, Clyde y Sabater Pi, Jorge. 1969. "Sticks used by Chimpanzees in Rio Muni, West Africa". *Nature*, 223: 100–101. <https://doi.org/10.1038/223100a0>.
- Kimmerer, Robin Wall. 2021. *Una trenza de hierba sagrada. Saber indígena, conocimiento científico y la enseñanza de las plantas*. Madrid: Capitán Swing Libros.
- Kotliar, Natasha B. 2000. "Application of the new keystone-species concept to prairie dogs: how well does it work?". *Conservation Biology*, 14, 6: 1715-21. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2000.98384.x>.
- Lenton, Timothy M. y Latour, Bruno. 2018. "Gaia 2.0. Could humans add some level of self-awareness to Earth's self-regulation?". *Science*, 361, 6407: 1066-8. <https://doi.org/10.1126/science.aau0427>.
- Lovelock, James E. 1972. "Gaia as seen through the atmosphere". *Atmospheric Environment*, 6, 8: 579-80. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(72\)90076-5](https://doi.org/10.1016/0004-6981(72)90076-5).
- Lovelock, James E. y Margulis, Lynn. 1974. "Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the gaia hypothesis". *Tellus*, 26, 1-2: 2-20. <https://doi.org/10.3402/tellusa.v26i1-2.9731>.
- Lozano, Irene. 2020. *Son molinos, no gigantes. Cómo las redes sociales y la desinformación amenazan a nuestra democracia*. Barcelona: Península.
- Mace, Georgina M., Norris, Ken y Fitter, Alastair H. 2012. "Biodiversity and ecosystem services: A multilayered relationship". *Trends in Ecology and Evolution*, 27, 1: 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.08.006>.
- Margulis, Lynn. 1970. *Origin of Eukaryotic Cells*, Londres: Yale University Press.
- Margulis, Lynn y Sagan, Dorion. 1996. *¿Qué es la vida?*. Barcelona: Tusquets
- Marín, María. 2020. "Las tres científicas que revolucionaron nuestra forma de entender a los simios". *El Español*, 12 de febrero. https://www.elespanol.com/ciencia/medio-ambiente/20200212/cientificas-revolucionaron-forma-entender-simios/466703811_0.html
- Meadows, Donella H.; Meadows, Dennis L.; Randers, Jergen y Behrens III, Willian W. 1972 *Los límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad*. México: Fondo de Cultura Económica. (*The limits to growth. A report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. Potomac New York: Universe Books).
- Muñoz Molina, Antonio. 2022. "Jordi Sabater Pi, un gran desconocido". *El País*, 24 de diciembre. <https://elpais.com/opinion/2022-12-24/jordi-sabater-pi-un-gran-desconocido.html>.
- Muñoz Ruiz, Emilio y Rey Rocha, Jesús. 2022. "Una «paradoja antrópica»: la mejora de la vida y la crisis ambiental". *Ethic*, 6 de abril. <https://ethic.es/2022/04/una-paradoja-antrópica-la-contradiccion-entre-la-mejora-de-la-vida-y-la-crisis-ambiental/>.
- Naciones Unidas. 1992. *Convenio sobre la Diversidad Biológica*. <https://www.cbd.int/convention/text/>.
- Naciones Unidas. 2022. Desafíos globales. Población. <https://www.un.org/es/global-issues/population>
- Ortega y Gasset, José. 1929. *La rebelión de las masas*.
- Padial, Juan P. 2022. "La cosmovisión de Konrad Lorenz". En *La cosmovisión de los grandes científicos del siglo XX*, Juan Arana (Director), 419-31. Madrid: Tecnos.
- Paine, Robert T. 1995. "A Conversation on Refining the Concept of Keystone Species". *Conservation Biology*, 9, 4: 962-964. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.1995.09040962.x>.
- Par, Alfonso (dir.). 2022. *La extraordinaria historia de Jordi Sabater Pi*. Documental. <https://www.rtve.es/play/videos/imprescindibles/la-extraordinaria-historia-de-jordi-sabater-pi/6756369/>.
- Pérez-Lanzac, Carmen. 2022. "Andrea Wulf, historiadora: «Viajar en tren debería ser mucho más barato y, en avión, mucho más caro»". *El País Ideas*, 9 de noviembre. <https://elpais.com/ideas/2022-11-09/>

andrea-wulf-historiadora-daremos-pasos-por-el-clima-cuando-estemos-realmente-acojonados.html.

- Pou, Toni. 2022. "Jordi Sabater Pi o el naturalista total". *Ara*, 30 de julio. https://es.ara.cat/ciencia-tecnologia/biologia/jordi-sabater-pi-naturalista-total_130_4449896.html.
- Power, May E.; Tilman, David; Estes, James A.; Menge, Bruce A.; Bond, William J.; Mills, L. Scott; Daily, Gretchen; Castilla, Juan Carlos; Lubchenco, Jane; Paine y Robert T. 1996. "Challenges in the quest for keystones". *BioScience*, 46, 8: 609-620. <https://doi.org/10.2307/1312990>.
- Puleo, Alicia H. 2019. *Claves Ecofeministas para rebeldes que aman la tierra y a los animales*. Madrid: Plaza y Valdés.
- Punset, Eduardo. 2006. "Capítulo XII. Lo que viene II: Expedición al mundo invisible. La vida es como un tornado: Lynn Margulis y Dorian Sagan". En *Cara a cara con la vida, la mente y el universo. Conversaciones con los grandes científicos de nuestro tiempo*, Eduardo Punset, 349-406. Barcelona: Destino.
- Rey Rocha, Jesús y Andrade Perdrix, Carmen. 2021. "Ciudades sostenibles: seguridad ante las incertidumbres". *Ethic*, 22 de septiembre. <https://ethic.es/2021/09/ciudades-sostenibles-seguridad-ante-las-incertidumbres/> Publicado también en inglés: "Sustainable cities: towards an interdisciplinary and humanistic urban planning". *Other News*, 5 noviembre 2021. <https://www.other-news.info/sustainable-cities-towards-an-interdisciplinary-and-humanistic-urban-planning/>
- Rey Rocha, Jesús y Muñoz Ruiz, Emilio. 2021a. "Pandemia ambiental: ¿salto evolutivo o involución?". *The Conversation*, 15 de febrero. <https://theconversation.com/pandemia-ambiental-salto-evolutivo-o-involucion-155240>.
- Rey Rocha, Jesús y Muñoz Ruiz, Emilio. 2021b. "Pandemia ambiental en la nave Tierra: todos somos tripulantes". *Ethic*, 11 de marzo. <https://ethic.es/2021/03/pandemia-ambiental-en-la-nave-tierra-todos-somos-tripulantes/>.
- Rey Rocha, Jesús y Muñoz Ruiz, Emilio. 2021c. "La resiliencia, una esperanza de futuro". *The Conversation*, 10 de enero. <https://theconversation.com/la-resiliencia-una-esperanza-de-futuro-152866>.
- Román Maestre, Begoña. 2019. Transhumanismo: arquetipo, mimesis y mejora. En *El Transhumanismo sota la lupa*, Francesc Torralba (Coord.), 117-136. Barcelona: The Club of Rome.
- Sala, Enric. 2022. *La naturaleza de la naturaleza*. Barcelona: Ariel, 2022.
- Santesmases, María Jesús y Calvo Roy, Antonio. 2019. *Rosalind Franklin*. Madrid: Ediciones Prisa.
- Schilthuizen, Menno. 2019. *Darwin viene a la ciudad. La evolución de las especies urbanas*. Madrid: Turner.
- Segura, Cristina y Cavana, María Luisa (coord.). 2005. *Mujeres y ecología: historia, pensamiento y sociedad*. Madrid: Laya.
- Seto, Karen C.; Reenberg, Anette; Boone, Christopher G.; Fragkias, Michail; Haase, Dagmar; Langanke, Tobias; Marcotullio, Peter; Munroe, Darla K.; Olah, Branislav y Simon, David. 2012. "Urban land teleconnections and sustainability". *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 109, 20: 7687-7692. <https://doi.org/10.1073/pnas.1117622109>.
- Shiva, Vandana y Mies, María. 2020. *Ecofeminismo*. Barcelona: Icaria.
- Singh, J. S. 2002. "The biodiversity crisis: A multifaceted review". *Current Science*, 82, 6: 638-47.
- Sloterdijk, Peter. 2012. *Has de cambiar tu vida: sobre antropotécnica*. Valencia: Pre-Textos.
- Subarsky, Zachariah; Reed, Elizabeth W.; Landin, Edward R. y Klaitz, Barrie G. 1967. *Living things in field and classroom: A Minnemast handbook for teachers of early elementary grades*. Minnesota: Minnesota Mathematics and Science Teaching Project.
- Tapia, Carlos. 2017. "Ciudad elusiva: formas de vida y modos de existencia". *Astrágalo*, 23: 12.

- Taylor, Charles. 1993. *El multiculturalismo y la "política del reconocimiento"*. México: FCE.
- Universidad de Valencia. 2015. "Una investigación de la Universitat demuestra la capacidad de adaptación de los microorganismos en condiciones extremas". 6 de diciembre. <https://www.uv.es/uvweb/universidad/es/listado-noticias/investigacion-universitat-demuestra-capacidad-adaptacion-microorganismos-condiciones-extremas-1285846070123/Noticia.html?id=1285952742538>
- Varela, Francisco J. y Maturana, Humberto R. 1973. *De Máquinas y Seres Vivos: Una teoría sobre la organización biológica*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Velázquez, Héctor. 2020. "Ilya Prigogine, irreversibilidad e incertidumbre como cosmovisión". En *La cosmovisión de los grandes científicos del siglo XX*, Juan Arana (Director), 342-52. Madrid: Tecnos.
- Velasco Sesma, Angélica. 2017. *La ética animal. ¿Una cuestión feminista?*. Madrid: Catedra.
- White, Michael. 2002. "La carrera por el premio. Francis Crick y James Watson versus Linus Pauling versus Rosalind Franklin y Maurice Wilkins. 1951-1953". En *Lenguas viperinas y soñadores tranquilos. Rivalidades que estimularon el avance científico*, White, M., 279-328. Madrid: Espasa Calpe.
- Wulf, Andrea. 2016. *La invención de la naturaleza. El nuevo mundo de Alexander von Humboldt*. Madrid: Taurus.

Declaración de conflicto de intereses: Dos de las personas que firman este artículo han editado este número. El proceso de evaluación estuvo a cargo de la revista y las revisiones por pares fueron doble ciego. El manuscrito fue anonimizado (las referencias a sus firmantes se escribieron en tercera persona) para fines de revisión.

BREVE CV

Jesús Rey Rocha es Licenciado en Ciencias Biológicas (Universidad Complutense de Madrid) y Doctor en Ciencias (Universidad Autónoma de Madrid). Actualmente es Investigador científico en el Departamento de Ciencia, Tecnología y Sociedad del Instituto de filosofía, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IFS, CSIC), donde dirige el grupo 'Ciencia, vida y sociedad'. Es miembro de la red Conexión-Vida, (LifeHUB CSIC), la red que agrupa a investigadores para explorar el origen, (co)evolución, diversidad y síntesis de la vida, financiada por el Proyecto Intramural PIE-202120E047-Conexiones-Life de la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Sus intereses científicos en los últimos años se centran en las relaciones ciencia-vida-sociedad; la percepción y comunicación de la ciencia; los retos, impactos e implicaciones sociales de la investigación sobre la vida; y los aspectos sociales y filosóficos de la crisis ambiental y ecológica.

María P. Martín, doctora en Micología por la Universidad de Barcelona, realizó su formación postdoctoral en Suecia. Es Profesora de Investigación y Directora Real Jardín Botánico-CSIC. Sus objetivos científicos son descubrir y describir la diversidad de hongos, analizar la variabilidad de las especies y establecer las relaciones filogenéticas entre ellas. Las tres líneas de investigación en las que trabaja son: A) Métodos moleculares, B) Sistemática y Filogenia, y C) Interconexiones biogeográficas. Es profesora visitante en la UFRN (Univ. Federal de Rio Grande de Norte, Natal, Brasil) y autora de 330 publicaciones, entre ellas 155 artículos en revistas de SCI, 2 libros, 20 capítulos de libros y numerosas publicaciones de divulgación. Ha descrito 82 especies de hongos nuevos para la ciencia.

Marta Velasco Martín es Licenciada en Ciencias Biológicas por la Universidad Autónoma de Madrid y Doctora en Lógica y Filosofía de la Ciencia por la Universidad de Salamanca. Actualmente es profesora en en la Facultad de Medicina, campus de Ciudad Real, de la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM) y miembro del grupo de investigación Salud Historia y Sociedad (SALHISOC) y del Centro Regional de Investigaciones Biológicas (CRIB), de la UCLM. Pertenece a la red Conexión-Vida, (LifeHUB CSIC), la red que agrupa a investigadores para explorar el origen, (co)evolución, diversidad y síntesis de la vida, financiada por el Proyecto Intramural PIE-202120E047-Conexiones-Life de la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Sus intereses investigadores se centran en la influencia del género en la construcción del conocimiento biomédico y en los estudios culturales e históricos de la ciencia y la tecnología; en la historia de las mujeres científicas; y en el estudio de la construcción social de la enfermedad en los siglos XX y XXI, así como las respuestas colectivas y el establecimiento de medidas de lucha contra ellas desde una perspectiva de género.

ARQUI-CRIATURAS #11. Mohamad Rasoul Moosapour.



