



*¿Qué es la vida? De Erwin
Schrödinger a Lynn Margulis*

Jorge Riechmann



Una cuestión previa para la filosofía práctica

- # **El objetivo normativo de la filosofía práctica es la vida buena** (se suele sobreentender: vida humana... pero habrá que preguntarse: ¿sólo la vida humana?).
- # **Entonces habrá que preguntarse, previamente, cómo comprendemos y pensamos la vida...**

André Breton, *Clair de terre*, 1923: PRIMERO LA VIDA

“Mejor la vida que esos
prismas sin espesor incluso si
los colores son más puros/
Mejor que esa hora siempre
cubierta que esos terribles
coches de llamas frías/
Que esas piedras demasiado
maduras...”





O la gran Nina Simone, *High Priestess of Soul*: “I’ve got life” ...

<https://www.youtube.com/watch?v=L5jI9I03q8E>

<https://www.youtube.com/watch?v=oOwtHCTIhgE>

O también: no sobrevivir, sino vivir

Belén Gopegui, “Que no te enteras, que la vida no es una carrera”. Columna publicada en 2034: *El reto de imaginar el futuro*, número 17 de la revista de *eldiario.es*. Luego, el 1 de enero de 2018, en http://www.eldiario.es/zonacritica/enteras-vida-carrera_6_724837511.html

- # “- No competís.
- # - Es cierto.
- # - No se puede sobrevivir sin competir.
- # - No queremos sobrevivir. Queremos vivir.
- # - Pero esto es una guerra. Os van a destrozar. Si no ahora, más tarde.
- # - Si competimos nos destrozarán ahora. Se llevarán nuestra vida por delante ahora.”



Una política de la vida: el ecofeminismo

PETRÓLEO -SEMINARIO
PEI OBERT del MACBA, 26 y
27 de mayo de 2017.

<https://www.youtube.com/watch?v=AYVbin4r1No>

Intervención de Yayo Herrero
desde 1h. 13'

Y este artículo breve de Cristina
Carrasco:

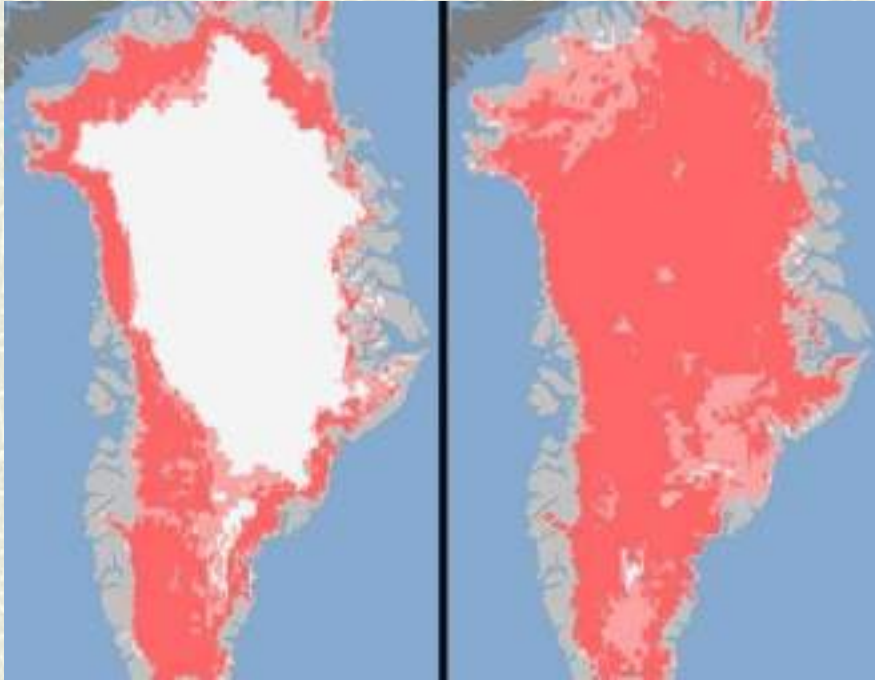
[http://www.eldiario.es/economia/
Economia-feminista-realidad-
deseo_0_725827473.html](http://www.eldiario.es/economia/Economia-feminista-realidad-deseo_0_725827473.html)

07/03/2025

¿qué es la vida?

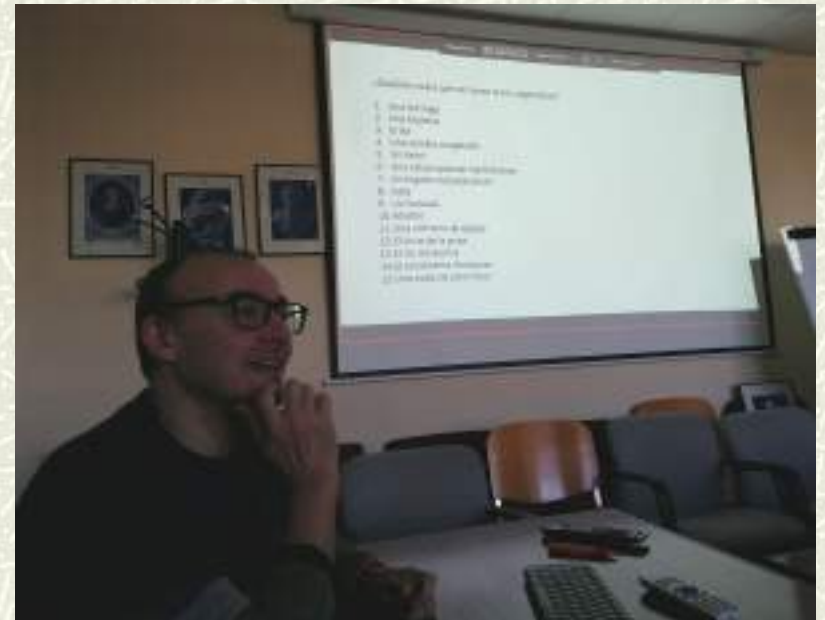


<http://www.nationalgeographic.es/ciencia/alarmante-deshielo-en-groenlandia>



- ✚ Pero también: el desprendimiento de un glaciar gigantesco en Groenlandia
- ✚ https://tn.com.ar/internacional/hielo-que-cruje-mira-el-mayor-desprendimiento-de-un-iceberg-jamas-filmado_293050

Por otra parte: si no sabemos definir bien a un ser vivo, bromea Carlos de Castro, “no pasa nada, un físico genial como Richard Feynman no sabía muy bien qué era la energía”. En el aula (Sala Sócrates de FyL UAM), 24 de enero de 2024



Si reformulamos un poco a Kant...

- # Recordemos que, para Kant, todas las cuestiones fundamentales de la filosofía desembocan en la pregunta “¿qué es el ser humano?”
- # Si ponemos el antropocentrismo entre paréntesis, deberíamos quizá reformular: “**¿Qué forma de vida es el ser humano**, entretejida con otras múltiples formas de vida en la biosfera terrestre?”
- # Antropocentrado ≠ antropocéntrico, como egocentrado ≠ egocéntrico. Esto es importante (permite evitar muchas confusiones).

Si tenemos clara la gravedad de la crisis ecosocial...

- # “La conciencia de ser vida, en nuestro caso animal, y todo lo que esto supone, es el primer requisito para releer el mundo de un modo sostenible. Nos referimos aquí a conocer, comprender, valorar y querer las diferentes formas de vida; y reconocernos como seres vivos interdependientes, parte de una red formada por el clima, las aguas, las plantas, el aire... que está en peligro.” Yayo Herrero, *Toma de tierra*, Caniche Editorial, Bilbao 2023, p. 133.
- # En definitiva: para tener opciones de salir adelante (en tiempos de **extralimitación y colapso**), se trataría de **colocar la vida en el centro de nuestra reflexión y experiencia.**

Pero atención también a las “filosofías de la vida” de finales del XIX...

- # Nietzsche tuvo un papel central en la creación del clima cultural que favoreció la **expansión del darwinismo social**.
- # Pankaj Mishra: “Poco después de caer en la demencia en 1888, las ideas de Nietzsche sobre el superhombre que se sobrepasa a sí mismo, sobre la voluntad de poder y la moral guerrera, empezaron a estallar en todo el mundo. Desconocido durante buena parte de su vida, una serie de traducciones convirtieron a Nietzsche en el profeta de la juventud inquieta en todas partes.”

La esencia de la vida: ¿depredación, opresión y explotación?

- # “Nehru observó que [Nietzsche] hacía furor en la Universidad de Cambridge en el primer decenio del siglo XX. Pero los judíos jóvenes de Rusia, los exiliados chinos en Japón, los musulmanes de Lahore, y muchos otros hombres plenamente conscientes de su vulnerabilidad se estaban fortaleciendo mediante la determinación nietzscheana de ‘defenderse contra toda debilidad sentimental’ y reconocer que ‘la vida misma es esencialmente apropiación, ofensa, avasallamiento de lo que es extraño y más débil, opresión, dureza, imposición de formas propias, anexión y, como poco, en el caso más suave, explotación’.” Pankaj Mishra, *La edad de la ira*, Galaxia Gutenberg, Barcelona 2017, p. 202.

Para Trasímaco y Nietzsche, el fuerte debe dominar al débil

- ‡ “Según la posición que Platón le hace defender en la República, Trasímaco concebía que solamente la ley del más fuerte es natural («lo justo no es otra cosa que lo que conviene al más fuerte», *República*, 338c), y que las leyes humanas son meras convenciones destinadas a impedir que los mejores y más fuertes puedan prevalecer. Además, sustentaba que los gobiernos gobiernan sólo para su propio engrandecimiento, y aquello que determinan como justicia es solamente el sometimiento a unas leyes que han establecido para favorecer sus intereses. Pero, según la naturaleza, la justicia es en realidad que el más fuerte domine al más débil y siga sus propias inclinaciones, y ello sucede cuando alguien realmente fuerte logra romper la convención, contraviene las leyes instituidas e instaura otras. Entonces él es quien marca la ley. De ahí la famosa sentencia de Trasímaco: «La traición nunca prospera. ¿Por qué? Porque si prospera ya nadie la llamará traición».”

<https://encyclopaedia.herdereditorial.com/wiki/Autor:Tras%C3%ADmaco>

¿Cómo pensamos la vida?

- # “Reverencia por la vida”, recomienda Albert Schweitzer. “Abrazar la vida”, nos intima Vandana Shiva. “Poner la vida en el centro”, recomienda Yayo Herrero. “Querer vivir”, afirma Santiago López Petit.
- # Pero no olvidamos tampoco las “filosofías de la vida” del XIX y del XX, de Schopenhauer a Ortega pasando por Nietzsche...
- # Parece claro que **la vida –más allá de lo puramente biológico– plantea cuestiones ético-políticas de primera magnitud.**

¿Qué es la vida?

- # Una manera sencilla de comenzar esta reflexión: para los seres terrestres que somos, **vida es aquella propiedad que exhiben las células** (o bien los seres unicelulares, o bien los seres más complejos compuestos por células).
- # ¡Hay que **partir de las bacterias y arqueas**, los seres unicelulares! Son la base de todo.
- # Pero conviene primero dar un salto a la antigua Grecia...

Una distinción elemental: *bíos* y *zoé*

- # Podemos distinguir –con Aristóteles– entre ***zoé* como la vida de todos los animales, y *bíos* como modos de vida específicamente humanos.**
- # Pero no habría que pensar en estos dos **términos en contradicción** (como Giorgio Agamben en *Homo sacer*): el *bíos* del *ánthropos* presupone y engloba su *zoé*.

“El universo está hecho de historias, no de átomos”, decía la poeta y activista política Muriel Rukeyser (1913-1980).

Parafraseemos: la vida (humana) está hecha de historias, no (sólo) de células, podríamos decir –y con ello lograríamos una buena definición implícita de *bíos* y *zoé*.



A landscape photograph showing a dirt road winding through a field of tall grasses at sunset. The sun is low on the horizon, casting a warm, golden glow over the scene. The sky is filled with soft, orange and yellow clouds. The road is dark and appears to have some snow or ice patches. The overall mood is serene and contemplative.

The universe is made
of stories, not of atoms.

Muriel Rukeyser

En Aristóteles...

“En el sistema aristotélico estos dos términos tampoco se relacionan entre sí por medio de la mutua contradicción. Al contrario, el Estagirita entiende a la instancia política como una esfera que contiene en sí misma a las características biológicas humanas. Así como el fin de la actividad política comprende los fines menores de las demás actividades que la constituyen, **el *bíos* no es una instancia separada y opuesta a la *zoé*, sino que la presupone**, del mismo modo que la política precisa y supone a la naturaleza y a la oikonomía. (...) Es tan inadmisibile sostener una dicotomía excluyente entre *polis* y *oikos*, como entre *bíos* y *zoé*.”

Hernán Borisonik y Fernando Beresñak, “Bíos y zoé: una discusión en torno a las prácticas de dominación y a la política”, *Astrolabio. Revista internacional de filosofía* 13, 2012;

<http://www.raco.cat/index.php/Astrolabio/article/viewFile/256227/343217> (el énfasis es mío, J.R.)

- # Hay toda una polémica reciente a partir de la discutible construcción de Agamben en *Homo sacer*, que puede rastrearse en:
 - # Laurent Dubreuil, “De la vie dans la vie : sur une étrange opposition entre *zôê* et *bios*”, *Labyrinthe*, 22, 2005 (3), publicado *on line* el 22 de julio del 2008, <http://labyrinthe.revues.org/1033>
 - # James Gordon Finlayson, “*Bare life* and politics in Agamben’s reading of Aristotle”, *The Review of Politics*, University of Harvard, 72, 2010.
 - # Edgardo Castro, “Acerca da (Não) distinção entre Bíos e Zoé”, *InterTHESIS* vol. 9 num. 2, 2012; <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5175719>

Comencemos por la *zoé*

- # Sostiene Finlayson –y nosotros con él– que una distinción excluyente entre *bíos* y *zoé* no puede aplicarse a la *Política* de Aristóteles. Y contradiría, además, las posiciones del filósofo en la *Física* y la *Metafísica*.
- # **La vida natural (*zoé*) no puede ser excluida de la vida sociopolítica (*bíos*), pues el hombre es *por naturaleza* un animal sociopolítico.**
- # Desde esta posición naturalista –parece claro que hay que **comenzar por investigar la *zoé*...**

Bíos no tiene sentido sin zoé



“La historia no tiene sentido sin la prehistoria, y la prehistoria no tiene sentido sin la biología”. Edward O. Wilson, *La conquista social de la Tierra*. Debate, Barcelona 2012, p. 333.

Excursio: posthumanismo (a lo Rosi Braidotti, por ejemplo)

- # Pensar más allá del antropocentrismo **no puede querer decir desconocer la singularidad humana** (comenzando por nuestras posibilidades destructivas: somos la única especie en la biosfera de la Tierra que fabrica bombas atómicas) **ni situarse más allá de la responsabilidad.**
- # Somos –insisto en esta fórmula que he empleado otras veces– **animales con responsabilidades especiales.**



Desde mi perspectiva, la propuesta posthumanista de Rosi Braidotti – que suscita tantos entusiasmos dentro del gremio filosófico– parece muy cuestionable. Braidotti propone un giro “zoecentrado”, entendiendo por *zoé* la **fuerza vital que une a seres humanos y no humanos.**

- # Este igualitarismo zoocentrado, basado en un monismo spinoziano y en un materialismo vitalista, ¿puede ser la filosofía que necesitamos en el Siglo de la Gran Prueba? Yo **diría que no (por mucho que nos guste Spinoza)**.
- # Y eso que hay quien sostiene que a mí hay que leerme con lentes espinosianas...



- # “Una perspectiva *zoocentrada* [como la de Braidotti] desconstruye la superioridad humana y cualquier noción residual de *bíos o ánthropos* como algo categóricamente distinto a *zoé*”. Mónica Cano Abadía, “Cartografías ecosóficas y situadas. Hacia una justicia zoocentrada y feminista”, *Ecología Política* 54, Barcelona 2017, p. 45; <http://www.ecologiapolitica.info/?p=10158>
- # Desconstruir la **superioridad humana** nos parece bien, claro; pero ¿eso implica deshacerse de cualquier idea de **singularidad humana**?

¿Qué implicaría el igualitarismo zoecéntrico?

- # Que *bíos* –la forma de vida específicamente humana– tenga sus raíces en *zoé* **no significa que la primera pueda reducirse a la segunda...** Desde nuestra **perspectiva sistémica**, *bíos* es **emergente respecto de *zoé***.
- # Asumir de verdad, sin hacernos trampas en el solitario, una perspectiva de igualitarismo zoecéntrico –como parece proponer Braidotti–, ¿qué implicaría?

- # Habida cuenta de las relaciones de depredación que encontramos en el mundo de *zoé*, organizado en forma de cadenas tróficas, el *ánthropos* “desconstruiría” su posición de superioridad, por ejemplo, **favoreciendo la expansión de grandes predadores.**
- # “La Madre Osa se adentró en el campus, mató y devoró parcialmente a la catedrática de filosofía –¡qué bueno, hagamos una fiesta!”. Pero seguro que nuestras feministas spinozianas no van por ahí, ¿verdad?”

No los dominadores de la biosfera: sus guardabosques

- # O ¿es que se trata de seguir haciendo valer los privilegios que el *ánthropos* se ha concedido a sí mismo, pero sin asumir **responsabilidades –una categoría que sólo tiene sentido dentro del *bíos* y no existe en la *zoé*?**
- # Se trata más bien de lo contrario: **desmontar privilegios y hacernos cargo de nuestras responsabilidades especiales.** No somos –no deberíamos ser– los dominadores de la biosfera, sino algo así como sus guardabosques.

Tras el excurso: empezar por *zoé*

- # El momento es bueno para hacerlo (empezar por *zoé*), porque el conocimiento biológico (y el científico en general) ha aumentado enormemente en los decenios últimos.
- # Por ejemplo, la estructura química del ATP (adenosín trifosfato) se describe en 1935, y **apenas hace un cuarto de siglo que se ha desarrollado el estudio del microbioma humano.**
- # “Según los últimos cálculos, más o menos la mitad de sus células [las de cualquier *Homo sapiens*] no son humanas [sino microbianas, sobre todo bacterias], una proporción suficiente para que se pregunte de qué habla cuando dice *yo*.” Jonathan Weiner reseñando *Yo contengo multitudes* de Ed Yong, Debate, Barcelona 2017.

Mi microbioma y yo, un holobionte

- # “Nuestro organismo es la suma de las células humanas y de los microbios que nos habitan, a cuyo conjunto llamamos microbiota o microbioma. La suma de una cosa y otra se llama *holobionte*. Un todo. La microbiota está compuesta fundamentalmente por bacterias, aunque también hay virus y parásitos de todo tipo, pero fundamentalmente bacterias. Durante mucho tiempo se pensó que el número de bacterias que nos habita era diez veces superior al número de células humanas. Hoy, con un cálculo muy reciente, es solo un poco más, pongamos 1’3 veces, es decir, que puede haber 40 billones de bacterias dentro del cuerpo humano. Pero da igual que sean 30 que 50. En todo caso son billones...” Carlos López Otín entrevistado por Juan José Millás, “Viaje a nuestras profundidades”, *El País Semanal*, 8 de enero de 2017; <http://elpaissemanal.elpais.com/documentos/viaje-nuestras-profundidades/>

¿Qué es la vida? según Erwin Schrödinger

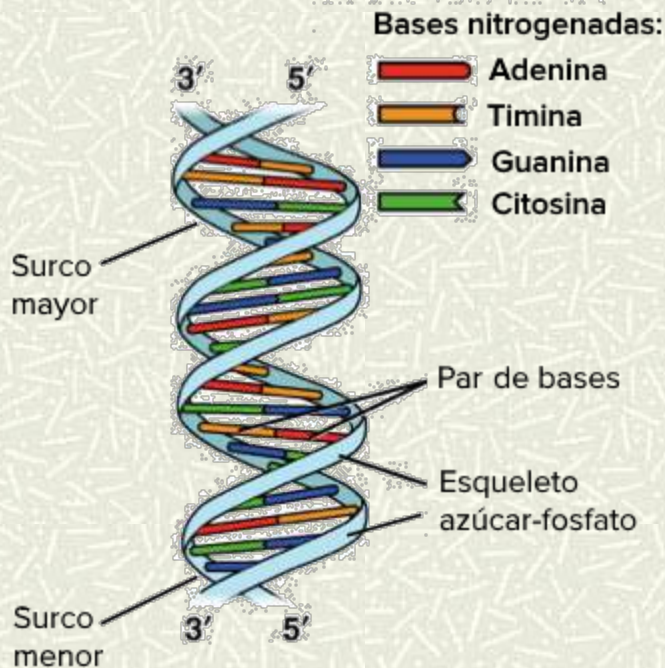


El punto de partida en el siglo XX para la pregunta *¿qué es la vida?* son las **tres famosas conferencias del físico Erwin Schrödinger** en el Trinity College de Dublín, en febrero de 1943, plasmadas en el libro homónimo de 1944.

Dos grandes y fecundas intuiciones de Schrödinger:

- # **A) Los genes son alguna clase de “sólido aperiódico” que contiene un mensaje escrito en un código químico.** “Fue profético porque, en esencia, ahí estaba la noción central de la biología molecular: la idea de que el gen contiene *información*, almacenada y expresada en forma de agrupaciones especiales de átomos.” Ed Regis, *¿Qué es la vida?*, Espasa, Pozuelo de Alarcón (Madrid) 2009, p. 45.
- # **Y, en efecto, en 1953 se descubrió que la base material de la herencia era el ADN, cuya estructura helicoidal y en escalera dejaba claro cómo las moléculas se copiaban a sí mismas.**

La famosa doble hélice



- # El ADN (ácido desoxirribonucleico) es un importante ácido nucleico que **transmite información genética de ascendientes a descendientes y codifica** (almacena información) **para la síntesis de proteínas.**
- # Bases nitrogenadas de los nucleótidos que componen el ADN: adenina (A) siempre se empareja con timina (T), y citosina (C) siempre con guanina (G).
- # <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/gene-expression-and-regulation/replication/a/hs-dna-structure-and-replication-review>

B) “Entropía negativa” o “neguentropía”. Las actividades automantenidoas de los organismos vivos parecen escapar a la siempre presente e ineludible segunda ley de la termodinámica. El físico austriaco aclara: “El mecanismo por el cual un organismo se mantiene estacionario en un nivel relativamente alto de orden consiste en extraer continuamente orden de su entorno”. Sin embargo, la idea de “entropía negativa” es equívoca: volveremos sobre ello.

El legado dual de Schrödinger en *¿Qué es la vida?*:

- # A) Presencia de un código químico para explicar la reproducción de la vida → **biología molecular**.
- # B) Flujos de energía sometidos a la segunda ley de la termodinámica (principio de entropía) → **TNE (termodinámica de no equilibrio, también llamada: termodinámica de sistemas abiertos o de sistemas disipativos)**. Véase Eric Schneider y Dorion Sagan, *La termodinámica de la vida*, Tusquets, Barcelona 2008, p. 19 y 21. ¡Un libro importante! Siempre recomiendo su lectura...

¿Qué es la vida? Tantas definiciones...

Dos físicos contemporáneos sugieren:

La fuerza de la gravedad y el electromagnetismo empujando electrones y núcleos de un sitio a otro.

Sean Carroll, *El Gran Cuadro, Pasado & Presente*, Barcelona 2017, p. 200. (Cf. luego cap. 28 y ss.; y p. 282 y ss.)

La actividad de organismos que contienen información hereditaria reproducible y que son capaces de metabolizar sustancias. José Manuel Sánchez Ron, “La tabla que nunca se acaba”, *El Cultural*, 4 de marzo de 2016.

Ya Aristóteles atribuía el **metabolismo** y la **reproducción** a la vida en general –lo que él llamaba “vida nutritiva”–.

Otra sugerencia en el mismo sentido:

- # La marca distintiva de un sistema vivo sería a) su **estado persistente de baja entropía,**
- # b) sostenido por **procesos metabólicos de acumulación de energía,**
- # Y donde c) el equilibrio con su medio ambiente se mantiene por **procesos homeostáticos de retroalimentación.** K.M. Sayre, *Cybernetics and the Philosophy of Mind*, Humanities Ed., Nueva York 1976, p. 91; citado por Carmen Velayos, *La dimensión moral del ambiente natural*, Comares, Granada 1996, p. 171.

Dos enfoques principales

- # Como explica Antonio Diéguez (en el capítulo 2 de su excelente libro *La vida bajo escrutinio*), hay en los decenios que siguen a Schrödinger **dos enfoques principales para buscar una definición de la vida** que se refieren a dos aspectos fundamentales de todos los organismos vivos:
 - # A) **auto-organización (enfoque metabólico)**, como en la def. de Sayre que acabamos de mencionar
 - # B) **auto-reproducción (enfoque informacional)**.

Bien, sistematicemos. Desde el punto de vista de la biología moderna: 1) metabolismo

- # ¿Cuáles son las características esenciales de la vida?
- # **1) Metabolismo.** Un ser vivo ingiere nutrientes y los transforma en la energía que necesita para vivir; y excreta lo que no necesita. Los seres vivos son **sistemas abiertos que mantienen un constante intercambio de materia, energía e información** con su entorno.
- # Nuestras reflexiones sobre qué pueda ser la vida han de incardinarse en una **ontología sistémica** (tª de sistemas).

Metabolismo y reproducción se aúnan en la noción de *autopoiesis*

- # **La vida es autopoyética** (del griego *autos* –sí mismo– y *poiesis* –creación–) y, como la etimología del nombre indica, consiste en la propiedad de hacerse a sí misma; es decir, en esa cualidad por la que todos los seres vivos realizan **actividades dinámicas de autoproducción y automantenimiento**.
- # Estos procesos se hacen incorporando materia nutrientes y energía del exterior y, una vez iniciados, no pueden interrumpirse. Si la autopoiesis cesa, la célula muere.

“Maturana y Varela dicen que podemos saber que algo está vivo cuando es capaz de crear, reparar, mantener y modificar su propia estructura tomando sustancias del medio y expulsando lo que le sobra. Esa característica recibe el nombre de **autopoiesis**, que quiere decir auto-producción. La autopoiesis es la propiedad básica y distintiva de los seres vivos. Cuando no la cumplen es porque están muertos.” Yayo Herrero, “Vida”, ctxt, 27 de agosto de 2020; <http://www.ctxt.es/es/20200801/Firmas/33195/vida-yayo-herrero-naturaleza-pandemia-crisis-ser-humano-ecologia.htm>

Por eso, una vez aparecida la vida en el antepasado bacteriano más pequeño (unicelular), ya nunca se ha perdido del todo, por lo que “la admisión de nutrientes y la conversión de energía así como la fabricación de ADN, ARN y proteínas, se dan de manera continua en todas las células y todos los seres formados por células”. Lynn Margulis y Dorion Sagan: *¿Qué es la vida?* Tusquets, Barcelona 1996, p. 67

El *conatus* spinoziano



- # Podemos relacionar la autopoiesis, este empeño de las formas de vida por perpetuarse a sí mismas, con el *conatus* de Spinoza.
- # *Conatus sese conservandi*: el esfuerzo por la autoconservación.

Una segunda característica básica: “neguentropía”

2) “**Neguentropía**”. La vida es termodinámica (con más precisión, **termodinámica de estructuras disipativas**). Todo lo que vive se halla en **desequilibrio termodinámico**. Según la ley de la entropía (el segundo principio de la termodinámica), los sistemas físicoquímicos tienden al equilibrio: el enfriamiento y la desorganización. Los seres vivos han de contrarrestar esta ley (se trata de la metafórica “entropía negativa” de Schrödinger), y lo hacen **desordenando su entorno para mantener su orden interno**. Más abajo volveremos sobre esta cuestión de trascendental importancia.

La vida se ordena a sí misma desordenando lo que hay a su alrededor

- # La vida es “una máquina termodinámica capaz de extraer orden del caos. (...) La vida se ordena a sí misma desordenando lo que hay a su alrededor”. Jorge Wagensberg en J. Wagensberg y Joan Martínez Alier, *Sólo tenemos un planeta. Sobre la armonía de los humanos con la naturaleza*, Icaria, Barcelona 2016, p. 32 y 73
- # La vida en términos termodinámicos: **un sistema abierto y cíclico organizado por las leyes de la termodinámica.**



Formación de estructuras complejas

- # También hay una conexión entre la autopoiesis y la “neguentropía”. Los flujos de energía que estudia la termodinámica “dan lugar a estructuras complejas, es decir, aquellas estructuras que parecen diferenciarse de su entorno, en las que se producen ciclos internos de los fluidos, gases y líquidos de que están compuestas, y que tienden a cambiar y crecer”. Schneider y Sagan, *La termodinámica de la vida*, op. cit., p. 16.
- # **Estas estructuras complejas naturales están organizadas por los flujos energéticos de su entorno. Después volveremos a ello.** Véase también Margulis y Sagan, *Qué es la vida*, p. 23.

3) Reproducción

- # **3) Reproducción.** Los seres vivos son sistemas autorreproductivos (por eso **los virus en rigor no son seres vivos**: son incapaces de reproducirse por sí mismos).
- # “La vida es una extensión del ser hacia la próxima generación, la próxima especie. Es el ingenio para sacar el máximo partido de la **contingencia**”. Lynn Margulis y Dorion Sagan: *¿Qué es la vida?* Tusquets, Barcelona 1996, p. 117

4) Complejidad

- # **4) Complejidad:** pero “el problema estriba en que carecemos de una medida satisfactoria de la complejidad, en general, y de la complejidad de los organismos en particular. Uno podría pensar, por ejemplo, en medir la complejidad de un organismo por la longitud de su genoma...” Jesús Mosterín, *¡Vivan los animales!*, Debate, Barcelona 1998, p. 11.
- # ...pero eso no serviría de mucho. ¡El de los tulipanes es al menos diez veces más largo que el de los seres humanos!

También el genoma del ajolote es diez veces mayor que el humano

Nicholas Bakalar: “El ajolote tiene el mayor genoma del mundo y da una pista sobre sus cualidades

regenerativas”, *The New York*

Times en español, 1 de febrero de 2018;

<https://www.nytimes.com/es/2018/02/01/ajolote-genoma-regeneracion/>



¿Cómo definir la complejidad?

- # Se define la complejidad como aquello que “tienen en común los mercados financieros, los sistemas inmunitarios de los mamíferos y las comunidades ecológicas. La capacidad de interaccionar con el entorno, reconocer pautas en el mundo y aplicar el conocimiento adquirido a la modificación del comportamiento futuro es fácil de detectar, pero la definición de complejidad sigue mostrándose esquiva.” L. Marschall citado en Schneider y Sagan, *La termodinámica de la vida*, op. cit., p. 52.

La emergencia de complejidad, ¡consecuencia de la ley de la entropía!

- # Sean Carroll: “La emergencia de estructuras complejas no resulta un fenómeno extraño en tensión con la tendencia general del universo hacia un mayor desorden [por el segundo principio de la termodinámica, la ley de la entropía]; es una consecuencia natural de esa tendencia.
- # En las circunstancias adecuadas, la materia se organiza en configuraciones intrincadas, capaces de captar y usar información de sus entornos.”

“Vivir” como verbo, más que “vida” como sustantivo

- # “La culminación de ese proceso es la vida misma. Cuanto más sabemos acerca de los mecanismos básicos de la vida, más somos capaces de apreciar cómo están en armonía con los principios físicos fundamentales que rigen el universo en su conjunto.
- # La vida es un proceso, no una sustancia, y es necesariamente temporal. [Los seres humanos] no somos la razón de existencia del universo, pero nuestra capacidad de autoconciencia y reflexión hace que seamos especiales en él.” Sean Carroll, *El Gran Cuadro*, Pasado & Presente, Barcelona 2017. p. 13.

5) Evolución

5) Evolución (por selección natural darwiniana y otros mecanismos). “Todo aquello que está vivo cambia y evoluciona por selección, adaptándose al entorno. La fuerza creativa del azar (mutación de genes, deriva genética, recombinación sexual...) teje una inmensa variedad de formas o propuestas que son filtradas por la adaptación al medio: es lo que se denomina selección natural”. De la guía de la exposición *La diversidad de la vida*, 2004-2006; <https://issuu.com/parquedelasciencias/docs/guiavida>

Dos grandes leyes de la biología: materialismo físico-químico y evolución

- # Ya observamos antes que “la historia [humana] no tiene sentido sin la prehistoria, y la prehistoria no tiene sentido sin la biología.” Edward O. Wilson, *La conquista social de la Tierra*, Debate, Barcelona 2012, p. 333. Cf. la perspectiva de la *Big History*...
- # **Dos grandes leyes de la biología:** 1. Todas las entidades y procesos de la vida **obedecen a las leyes de la física y de la química** (materialismo físico-químico, podríamos decir);
- # 2. Las entidades y procesos de la vida han surgido por **evolución** (mediante **selección natural**, aunque enseguida insistiremos en la importancia de la **simbiogénesis** –y quizá que incluir también otros fenómenos para explicar la evolución).

Podríamos parafrasear a Wilson, con Wolfgang Welsch: **la cultura humana no tiene sentido sin la protocultura, y ésta no tiene sentido sin la biología**, en la cual hunde sus raíces. Wolfgang Welsch, *Hombre y mundo. Filosofía en perspectiva evolucionista*, Pre-Textos, Valencia 2014, capítulo 6.



Evolucionismo

- # Darwin resumió su teoría de la evolución biológica en la frase **herencia con modificación**. Una buena introducción en Rafael Grasa, *El evolucionismo: de Darwin a la sociobiología*, Cincel, Madrid 1986.
- # El gran científico británico fue el primero en captar plenamente que para que el proceso de “herencia con modificación” tenga lugar han de satisfacerse dos y sólo dos condiciones independientes.

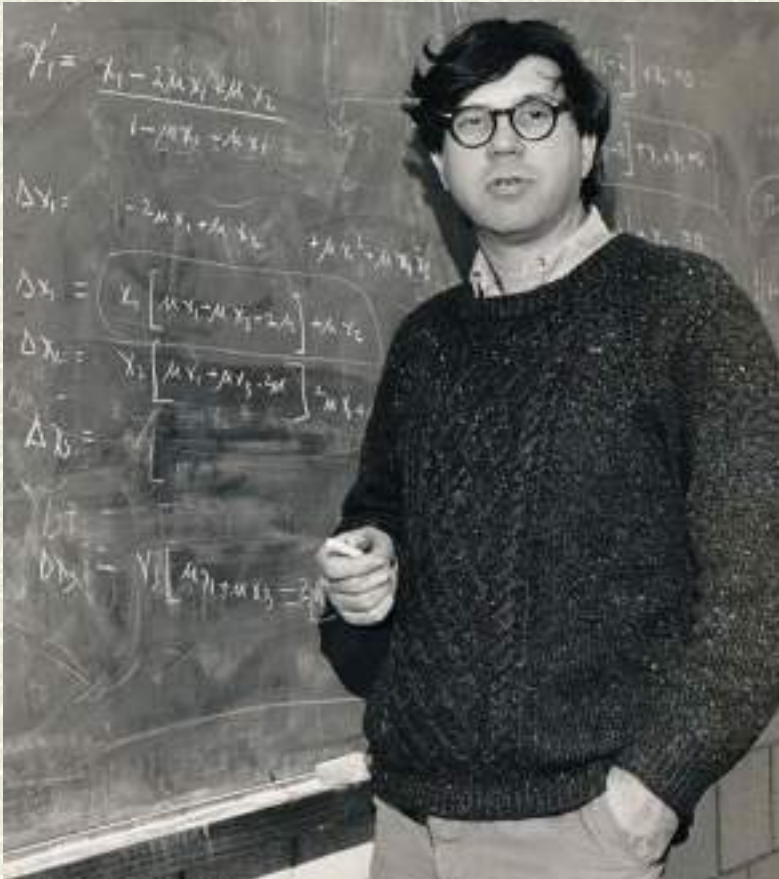
Herencia con modificación: dos condiciones

- # Una: **“autorreplicación” o autocopiado con “errores”** (mutaciones). Esto es, que los elementos básicos sean capaces de copiarse o reproducirse a sí mismos, pero con la posibilidad de pequeños errores o modificaciones que solemos llamar **mutaciones**.
- # Dos: **las mutaciones afectan diferencialmente a la aptitud reproductiva**. Esto es, las mutaciones deben ser capaces de influir en sus oportunidades de reproducirse (además de estar abiertas a la posibilidad de ulteriores mutaciones).

Otra manera de explicarlo (con el genetista Richard Lewontin)

- # “Estas tres proposiciones contienen un mecanismo suficiente para que haya selección natural:
- # 1. Entre los miembros de una especie hay variaciones morfológicas, fisiológicas y conductuales (**principio de variación**).
- # 2. Parte de la variación se hereda y (...) la descendencia se parece a sus progenitores (**principio de herencia**).”

Estas tres condiciones son necesarias y suficientes para que se dé selección natural



3. Cada variante deja, en la generación inmediatamente siguiente o en generaciones posteriores, un número de descendientes distinto (**principio de aptitud diferencial**).” R. Lewontin, “Adaptation”, en R. Levins y R. Lewontin (eds.), *The Dialectical Biologist*, Harvard University Press, Cambridge 1985, p. 76.

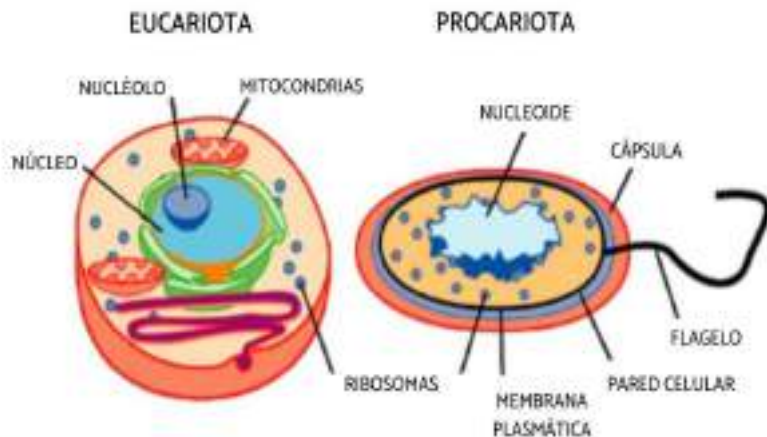
Pero la selección natural no basta...

Importancia de los fenómenos de simbiosis

- # Lynn Margulis ha redescubierto y desarrollado la **teoría de la simbiogénesis** (que Merezhkovski había planteado cuarenta años antes). Según ésta, las **células eucariotas** (células complejas con núcleo) se han originado a partir de diferentes **células procariotas** (bacterias) mediante una relación simbiótica que llegó a ser estable.
- # En otras palabras, una bacteria engulló a otra, y con el paso del tiempo estos consorcios entre especies se hicieron permanentes.

Excursio: células procariotas y eucariotas

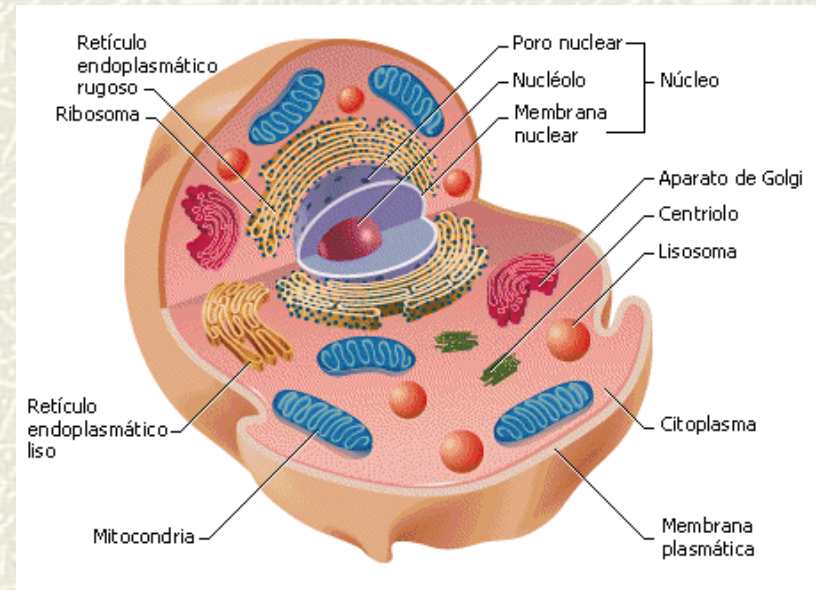
CÉLULA EUCARIOTA Y PROCARIOTA: DIFERENCIAS Y SEMEJANZAS



⚡ **Las células procariotas no poseen núcleo.** Las células eucariotas son células que contienen un núcleo.

⚡ El núcleo de una célula es una estructura en el citoplasma rodeada por una membrana (membrana nuclear) y contiene el ADN.

Las procariotas (como bacterias y arqueas), hemos dicho, no tienen un núcleo definido: su material genético se encuentra disperso por el citoplasma. Mientras que **en las células eucariotas el material genético se encuentra dentro de un núcleo.**



Simbiogénesis

- # Margulis y su hijo Dorion Sagan: “La sinergia es aplicable a la emergencia de los protistas a partir de las bacterias, y de los animales a partir de los protistas.
- # La opinión más corriente es que la vida evoluciona mediante variación genética aleatoria –que, de hecho, es más contraproducente que beneficiosa–. Se nos dice que las mutaciones al azar, ciegas y sin rumbo, son la fuente de la novedad evolutiva.”

¡No sólo selección natural!

“(...) No estamos totalmente de acuerdo. La evolución ha dado grandes saltos gracias a la incorporación simbiótica de componentes previamente perfeccionados en linajes separados.”



Ensamblaje modular a partir de bacterias

- # “(...) Módulos preexistentes (que en última instancia son bacterias), generados por mutación y perpetuados por la selección natural, se ensamblan formando alianzas, asociaciones, organismos, nuevas complejidades que influyen en la selección natural y son influidas por ella.” Lynn Margulis y Dorion Sagan: *¿Qué es la vida?* Tusquets, Barcelona 1996, p. 17.
- # A pesar de la reticencia inicial con la que la comunidad científica acogió estas ideas, con el paso del tiempo **se han acumulado evidencias experimentales** que las han ido confirmando.

En la foto: Lynn Margulis y Carl Sagan de muy jovencillos (se casan en 1957)



Así que la fuerza evolutiva que generó a este nuevo tipo de células eucariotas no fue la acumulación de pequeñas mutaciones, sino **una suma de estructuras complejas que ya existían previamente.**

¿Biología demasiado femenina?

“Le preguntaban a Lynn Margulis en una ocasión por qué la simbiogénesis generaba tantas resistencias. Ella contestó riendo que, a muchos, pensar la evolución en términos de cooperación les resultaba demasiado femenino”. Yayo Herrero, “Vida”, ctxt, 27 de agosto de 2020;

<http://www.ctxt.es/es/20200801/Firmas/33195/vida-yayo-herrero-naturaleza-pandemia-crisis-ser-humano-ecologia.htm>

