

Modos poiéticos de los sistemas vivos: Autopoiesis, simpoiesis y merpoiesis

Alfredo Muñoz Alarcón^{a,*}

^a Universidad Alberto Hurtado, Chile

*Becario doctoral de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo
(21242212)

Introducción

El concepto de *poiesis*, cuyas raíces griegas nos remiten al acto de *hacer*, *crear* o *producir* (*poiein*), ha ocupado un lugar central en la biología teórica y en la cibernética de segundo orden para pensar la organización de los sistemas vivos. Desde la publicación del libro *De máquinas y seres vivos* (Maturana y Varela, 1972/1994), la discusión sobre la definición de vida, sus aspectos funcionales y operacionales, su realización material e incluso su estatuto ontológico experimentaron un giro decisivo: desde enfoques centrados en la reproducción y adaptación, hacia una perspectiva organizacional centrada en la *autonomía* y la *clausura operacional* del sistema individual.

Como relata Maturana en el prefacio de la segunda edición de *De máquinas y seres vivos*, el concepto de *autopoiesis* surgió buscando capturar una intuición que vincula tanto lo que *son* como lo que *hacen* los sistemas vivos, identificando la práctica de *creación de sí mismo* sin reducirla a la mera descripción del flujo metabólico ni a la persistencia termodinámica de los organismos. El término mismo surgió en 1971 durante una conversación sobre el dilema del Quijote: elegir entre el camino de las armas (*praxis*) o el

camino de las letras (*poiesis*). Esta distinción permitió que Maturana reconociera que no estaba tratando de describir una *autopraxis* o acción pura que produce acciones, sino una *autopoiesis*, entendida como creación de sí. “Me percaté de que la palabra que necesitaba era autopoiesis si lo que quería era una expresión que captase plenamente lo que yo connotaba cuando hablaba de la organización circular de lo vivo” (Maturana y Varela, 1972/1994, p. XIX).

Este movimiento conceptual permitió desplazar preguntas clásicas de la ingeniería y la cibernética, centradas en el control de los sistemas, hacia el problema de la producción de los sistemas mismos. En 1974, Varela, Maturana y Uribe definieron la organización autopoietica como una red de producciones de componentes cuyos elementos (i) participan recursivamente en la misma red que los produce y (ii) realizan esa red como una unidad en el espacio en que existen sus componentes (Varela et al., 1974, p. 188). Esta formulación trazó una frontera de gran alcance ontológico: un sistema es autopoietico y cuenta como vivo en la medida en que realiza esa clausura recursiva; mientras que, si su producto es distinto de su propia organización, el sistema es *alopoietico*.

El desarrollo de este marco teórico continuó la distinción trazada entre *estructura*, entendida como el conjunto de relaciones que define la máquina o sistema, e *instanciación* como la realización material y contingente de esa estructura (Varela y Maturana, 1972). Tanto en las formulaciones clásicas como en desarrollos contemporáneos centrados en la apertura material de los sistemas, la persistencia de la identidad suele explicarse suponiendo la continuidad del cierre operacional (Kirchhoff y Froese, 2017). Esta demarcación ha resultado especialmente fructífera: sentó las bases del programa enactivista en ciencias cognitivas y permitió vincular vida y mente bajo la idea de que “la autonomía es la fenomenología distintiva resultante de una organización autopoietica” (Varela et al., 1974, p. 188, traducción propia). Bajo esta perspectiva, la cognición no es procesamiento de información, sino creación de sentido (*sense-making*) al servicio del automantenimiento (Di Paolo, 2005).

Sin embargo, durante las últimas décadas la biología de sistemas y la ecología microbiana han comenzado a erosionar la nitidez de estas fronteras. Nos encontramos ante una proliferación de evidencia sobre sistemas biológicos que desafían la identificación tradicional entre vida, autoproducción individual y cierre operacional sostenido: conjuntos microbianos que funcionan como una unidad metabólica pero carecen de membrana común revelan aspectos distribuidos y emergentes de la organización biológica (Peñalver Bernabé et al., 2018); redes de micelio y otros sistemas simbióticos que muestran dinámicas cooperativas donde la modularidad y la comunicación intercelular generan comportamientos coordinados sin un centro de control (Hütt, 2019); y organismos con transiciones episódicas como *Dictyostelium discoideum*, cuya organización emerge y se disuelve cíclicamente, desafiando la noción de persistencia individual estable (Parhizkar et al., 2020a, 2020b; Pears y Gross, 2021). En particular, estos casos obligan a distinguir entre la continuidad del proceso que instancia una organización y la continuidad de la organización misma.

Siguiendo este marco teórico, en este ensayo examinaremos la intersección entre (i) la organización del sistema, su estructura en el sentido clásico, entendida como patrón de relaciones, restricciones y coordinaciones; (ii) la instanciación material y procesual de esa organización en una fase dada; y (iii) la persistencia del sistema, entendida no como continuidad material ni como actividad uniforme, sino como conservación o recuperación de la capacidad de reinstanciar dicha organización bajo condiciones adecuadas.

A continuación, analizaremos casos que tensionan la aplicación estricta de la clausura operacional del individuo. Se trata de fenómenos asociados a la distribución de agencia, a sistemas no unitarios y a fases episódicas de organización. A partir de ellos sostengo que un único modo clasificatorio de clausura operacional y autoproducción continua resulta insuficiente para capturar la diversidad de estrategias productivas y organizacionales de los sistemas vivos. La tesis central del ensayo es que la autopoiesis no agota las formas de producción y organización vital, sino que constituye uno entre varios modos poiéticos mediante los cuales los sistemas gestionan

su persistencia. Desde esta perspectiva pluralista, se argumentará que es posible integrar bajo un mismo marco teórico la autoproducción individual (autopoiesis), la coproducción relacional (*simpoiesis*) y, crucialmente, las formas de generación fragmentaria y reinstanciación episódica que aquí propongo reunir bajo la noción de *merpoiesis*.

Dos regímenes y el problema de la continuidad: autopoiesis y simpoiesis

Antes de introducir la merpoiesis, resulta pertinente caracterizar con mayor profundidad los dos modos ya reconocidos en la discusión: autopoiesis y simpoiesis. El objetivo de esta sección es reconstruir sus desarrollos teóricos más recientes y explicitar el supuesto de continuidad que, de formas diferentes, organiza sus descripciones de la persistencia biológica. En esta sección utilizaré el término *continuidad* para referirme al supuesto, explícito o implícito, de que la persistencia de una unidad se explica por la operación recurrente y automantenida de los procesos que la constituyen. En el caso de la autopoiesis, esto significa que la identidad del sistema se comprende a partir de una red de procesos que regenera los componentes que la realizan y reconstituye la unidad que esos mismos procesos delimitan (Maturana y Varela, 1972/1994; Varela, 1979). De ahí que, en la formulación clásica, el sistema sea descrito como una red de procesos de producción que “regeneran y realizan *continuamente* la red de procesos (relaciones) que los produjeron” (Maturana y Varela, 1980, p. 78, traducción propia, énfasis añadido).

En este contexto, la continuidad no equivale a inmutabilidad. Un sistema puede cambiar materialmente, intercambiar energía y renovar sus componentes sin perder identidad; lo decisivo en este punto es la prioridad explicativa concedida a la operación sostenida de una red causal y organizacionalmente cerrada que preserva la unidad a través del recambio material (Maturana y Varela, 1980; Moreno y Mossio, 2015). En la simpoiesis, aunque el énfasis se desplaza desde la autosuficiencia hacia el *making-with*, la coproducción y la constitución relacional de límites, persiste un trasfondo

similar: la estabilidad del sistema (o del ensamblaje) se explica por dinámicas de producción y acoplamiento que deben mantenerse de manera robusta en el tiempo (Haraway, 2016).

A continuación examinaré la autopoiesis y la simpoiesis como dos regímenes paradigmáticos en los que la persistencia biológica se explica a partir de alguna forma de continuidad organizacional sostenida. Esta reconstrucción preparará el terreno para evaluar sus límites frente a casos en los que la organización persiste mediante partición, latencia y reinstanciación.

Autopoiesis

Como se adelantó, la autopoiesis define lo vivo por la capacidad de un sistema de producir y conservar su propia organización mediante una red recursiva de producción de sus componentes. Desarrollos contemporáneos en biología teórica y filosofía de la biología han precisado esta intuición en términos causales y termodinámicos, ofreciendo un marco más preciso para el modelado de la autonomía biológica (Moreno y Mossio, 2015). En este contexto, un sistema autónomo es aquel que mantiene un *cierre de restricciones*: estructuras como membranas, enzimas u otros componentes canalizan flujos de energía de manera tal que se sostienen y regeneran mutuamente en el tiempo. La autopoiesis designa, en este sentido, un régimen en el que el sistema ejerce influencia causal sobre sus propias condiciones de instanciación.

Esta formulación permite destacar un rasgo filosófico y naturalista decisivo de la teoría: el sistema no apunta a un fin externo, sino que su operación consiste en conservar su propia organización. Siguiendo a Maturana, “el sentido de la vida de una mosca es el vivir como mosca... y todo esto en el entendido de que el ser vivo es solo el resultado de una dinámica no propositiva” (Maturana y Varela, 1972/1994, p. XV).

La noción de “dinámica no propositiva” resulta crucial. El sistema no intenta sobrevivir ni persigue un objetivo trascendente; simplemente, su

operar conserva la estructura de relaciones que lo constituye. En otras palabras, para esta definición del sistema, el vivir no requiere intención de supervivencia, sino la continuidad operativa de una organización dinámica. Desde esta perspectiva, la identidad del sistema puede entenderse como un fenómeno operacional o como un logro de su organización, más que como una mera etiqueta atribuida desde afuera.¹

La distinción entre estructura (el patrón de relaciones que define al sistema y su identidad) e instanciación (los componentes y realizaciones materiales contingentes de ese patrón) permite comprender por qué el cierre de los sistemas es operacional y no material. Un sistema puede permanecer abierto a intercambios de materia y energía con el entorno y, sin embargo, mantener clausura en la medida en que sus procesos se condicionan recíprocamente dentro de una red que conserva la unidad (Kliska y Nehaniv, 2024). En este sentido, los procesos que sostienen al sistema dependen del propio sistema para continuar: el mantenimiento de la identidad es una tarea activa que supone costos y vulnerabilidad. Precisamente por ello, la autopoiesis privilegia una explicación de la persistencia basada en la operación sostenida de una red de procesos que debe mantenerse en acto para conservar la unidad.

Simpoiesis

El concepto de simpoiesis surge como un intento de expandir el estudio de las dinámicas generativas más allá del modelo centrado en la autoproducción individual.² Buscando explicar la interdependencia radical observada

¹ Cabe mencionar que la demarcación del sistema como “unidad”, para Maturana (1988) resulta ser una distinción del observador. Esta precisión resulta relevante para las siguientes etapas de la propuesta de este trabajo, por cuanto la merpoiesis se funda en el cuestionamiento de la continuidad del mantenimiento de ciertas relaciones, pero no niega la identidad del sistema.

² El alcance de este uso de *autoproducción individual* no supone un “organismo-centrismo” fuerte ni que la autopoiesis “privilegie” ontológicamente al organismo frente al medio: lecturas enactivistas enfatizan el acoplamiento estructural y la coconstitución organismo-entorno (Soto-Andrade, 2023; Maturana y Varela, 1980; Varela et al., 1991). Del mismo

en la biosfera, Dempster (1998, 2000) introdujo el término para describir sistemas que carecen de límites autodefinidos o fronteras estrictamente cerradas, y cuya producción es constitutivamente relacional y distribuida.

Posteriormente, Haraway (2016) retomó y popularizó el término en clave ontológica contraponiéndolo a las “seducciones de la autopoiesis” y cuestionando la idea de unidades autónomas predadas que luego interactúan. En esta perspectiva, el énfasis se desplaza desde el individuo hacia el ensamblaje coproducido, y la atribución de agencia, límites y unidad pasa a depender de escalas, relaciones y criterios de descripción antes que de fronteras previamente fijadas. En biología, la plausibilidad conceptual de este enfoque suele apoyarse en casos de simbiosis, microbiomas, consorcios multiespecie y formas de agencia ecológicamente extendida.³

Si se busca derivar un criterio operacional y más acotado para la simpoiesis, puede decirse que un sistema es simpoiético cuando muestra dependencia funcional constitutiva de múltiples linajes, y resulta imposible atribuir clausura operacional o causal a una sola entidad. Dengsø y Kirchhoff (2023) extienden esta idea al campo de la cognición argumentando que, en sistemas simpoiéticos, la agencia no se detiene en los límites corporales del individuo, sino que se distribuye a través de acoplamientos con el entorno. En lo que sigue, tomaré la simpoiesis en este sentido acotado y operacional; esto es, como un régimen continuo de coproducción distribuida e interdependencia constitutiva, sin pretender agotar con ello la amplitud del

modo, la simpoiesis se usa aquí por su énfasis en co-producción y límites relacionales sin implicar que toda generación de sistemas biológicos requiera ensamblajes multi-organismo. En lo que sigue, el objetivo no es zanjar una disputa metafísica entre marcos, sino aislar un sesgo de continuidad y proponer la merpoiesis como dinámica generativa adicional para regímenes donde la continuidad del sistema no exige continuidad uniforme del proceso generativo.

³ Perspectivas como esta encuentran apoyo en teorías como la del hologenoma (Rosenberg y Zilber-Rosenberg, 2012, 2013), que postula que la unidad de selección biológica no es el organismo monogenómico, sino el *holobionte*: la red cooperativa del anfitrión y todos sus simbioses.

tratamiento ontológico ni político-epistemológico que hace Haraway (2016).

Sesgo de continuidad

A pesar de sus diferencias, la autopoiesis y la simpoiesis comparten un supuesto explicativo de fondo: ambas privilegian descripciones donde la persistencia de los sistemas biológicos depende de alguna forma de continuidad sostenida. En la autopoiesis, este sesgo se expresa en el énfasis sobre la autonomía individual y la clausura operacional de una unidad delimitada frente a su entorno, mientras que en la simpoiesis el foco se desplaza hacia la coproducción relacional, las redes de intercambio y la constitución colectiva y distribuida de límites. Pero, en ambos casos, la estabilidad del sistema se entiende a partir de dinámicas que deben mantenerse activas de manera suficientemente robusta en el tiempo. En el modelo de Moreno y Mossio (2015), por ejemplo, el cierre de restricciones debe mantenerse operativo constantemente para sostener la homeostasis y desviar al sistema del equilibrio termodinámico. De manera análoga, en la simpoiesis de Haraway (2016), el *hacer-con* presupone una trama sostenida de coproducción e interdependencia.

Ambas perspectivas suponen la idea de que la persistencia del sistema se explica por la continuidad en el tiempo de los procesos que lo producen o sostienen. Sin embargo, este foco tiende a volver marginal un conjunto amplio de estrategias biológicas en las que la persistencia se organiza mediante ciclos, fragmentación, dormancia o reconfiguración episódica. Como se verá más adelante, la literatura sobre evolución de ciclos de vida y reproducción por fragmentación muestra que estos patrones corresponden a *trade-offs* ecológicos y evolutivos recurrentes. En este contexto, la presente propuesta no busca trivializar ni debilitar los criterios operacionales de la autopoiesis, sino introducir una distinción analítica entre dos formas de continuidad que los marcos clásicos tienden a superponer. Por una parte, puede identificarse la *continuidad operacional*, o continuidad del proceso, esto es, la persistencia de la instanciación material del sistema a través de

flujos metabólicos, intercambio termodinámico y actividad causal sostenida. Por otra parte, puede hablarse de *continuidad organizacional* o continuidad de la estructura, entendida como la preservación del patrón de relaciones y restricciones que define la identidad del sistema. La hipótesis que guía las secciones siguientes es que ciertos regímenes biológicos pueden interrumpir, reducir o fragmentar el primer tipo de continuidad sin perder por ello la continuidad del segundo tipo. En tales casos, la actividad metabólica o la unidad operativa no se mantienen de manera uniforme, pero la organización persiste como capacidad de reinstanciación bajo condiciones apropiadas. Esta distinción permite describir comparativamente regímenes de producción, identidad y autonomía sin reducir toda persistencia biológica al mantenimiento continuo de una sola instancia activa.

Un último paso para avanzar en la definición de la merpoiesis es precisar brevemente el estatuto de las partes dentro de esta discusión. En filosofía, la mereología ofrece un lenguaje formal para pensar relaciones parte-todo, pero no basta por sí sola para determinar qué totalidades cuentan como unidades relevantes en sistemas biológicos complejos ni qué relaciones composicionales resultan pertinentes para describir la autonomía y persistencia (Varzi, 2016). Desde la teoría de sistemas, además, el problema clásico de la composición se reformula bajo una exigencia adicional: lo que vuelve explicativamente robusto a un compuesto es la organización relacional que sostiene la unidad a través del cambio y no es la mera suma de sus componentes. En este sentido, como sugiere Zwick (2001, 2014), la pregunta por el todo no puede separarse de las condiciones estructurales y contextuales bajo las cuales un sistema cuenta como tal.

Podemos formular este punto como un cruce entre la metafísica de la composición y los compromisos de la teoría de sistemas: la pregunta por el todo es inseparable de la estructura de las condiciones que hacen que un sistema cuente como tal en distintos contextos explicativos. En lo que sigue, no adopto un criterio metafísico mereológico general, sino más bien, retomo este contexto teórico únicamente para justificar la necesidad de ampliar las dinámicas generativas capaces de describir regímenes donde la continuidad del sistema depende de ciclos, particiones y reinstanciaciones, y no de la operación uniforme de una única instancia activa.

La merpoiesis como régimen de persistencia organizacional

Para caracterizar estrategias de persistencia basadas en fragmentación, latencia y reinstanciación, propongo la noción de merpoiesis (del griego *meros*: parte, porción, turno) como un tercer régimen poiético, donde la continuidad del sistema no depende de la continuidad uniforme del proceso que lo instancia. Si la autopoiesis es la autogeneración individual y la simpoiesis es la cogeneración colectiva, la merpoiesis es la generación por fragmentación/partición. El término remite a un conjunto de dinámicas reconocibles en biología evolutiva, teoría de los ciclos de vida y estudios de reproducción fragmentaria.

En este sentido, llamaré merpoiético a un sistema, o una fase de su ciclo de vida, cuando su persistencia se organice en torno a tres rasgos: (i) fragmentación/partición, donde la unidad origina subunidades, fragmentos/propágulos, que retienen la capacidad de reinstanciar la estructura organizacional del sistema, la partición interrumpe de la continuidad operacional previa del sistema; (ii) latencia: donde la operación del sistema se reduce o suspende sin equivaler a la pérdida irreversible del patrón organizacional; y (iii) reinstanciación, donde la identidad organizacional se recupera o reactiva mediante la operación de los propágulos o partes bajo condiciones apropiadas (y no necesariamente por continuidad de alguna instancia del proceso metabólico inicial).⁴

Como veremos, esta caracterización se alinea con una amplia literatura que muestra que los modos de fragmentación (propágulos unicelulares, fisión binaria, gemación, fragmentación múltiple o asimétrica, entre otros) afectan el crecimiento, la acumulación de rasgos mutacionales y estabilidad cooperativa, y su diversidad aumenta al incorporar costos como pérdida, retraso o riesgo (Henriques et al., 2021). Asimismo, la introducción de esta nueva dinámica de persistencia se alinea con trabajos recientes sobre el papel de la modularidad en los procesos evolutivos. Al respecto, Huitzil y

⁴ La noción de merpoiesis entendida como modo poiético no se agota en un tipo específico de reproducción no sexuada de los organismos, o en mecanismos de producción celular como la mitosis o la meiosis.

Huepe (2024) argumentan que la modularidad no es un producto accidental, sino una arquitectura esencial que potencia los rasgos evolutivos y la robustez de sistemas complejos.

En términos filosóficos, esta propuesta no busca introducir una ontología alternativa de *objetos*. Es decir, la idea de *parte* no se introduce como tesis metafísica, sino como hipótesis organizacional o como un recurso descriptivo para sistemas cuya persistencia se juega en el modo de organización y no en la conservación material continua de su instanciación. Ciertos fragmentos de un sistema pueden portar la capacidad de reinstanciar un patrón de autonomía (cierre de restricciones) en contextos en los que mantener la operación continua del sistema sería costoso o inviable. Dicho de otra manera, el concepto de merpoiesis se alinea con un enfoque sistémico de la composición: la unidad relevante se identifica con patrones de coordinación y restricciones que pueden distribuirse en subunidades y reactivarse en fases distintas de los ciclos metabólicos o reproductivos de los sistemas (Zwick, 2014).

La merpoiesis nombra un modo de gestionar la persistencia bajo *trade-offs*, en casos en los que se conserva el potencial organizacional de la estructura mediante partición/latencia para reactivarse cuando el entorno y el estado de las partes lo permitan. Por esto, hablar de *partes* en un régimen merpoiético no equivale a enumerar componentes, sino a describir qué porciones del sistema portan o preservan condiciones de instanciación de la organización. Un ejemplo ilustrativo proviene de la parasitología y la biología celular, particularmente, del estudio de la *merogonía* y la *esquizogonía* en apicomplejos.

La merogonía designa una fase del ciclo de vida en la que una célula abandona su patrón de división celular habitual e ingresa en un régimen de replicación nuclear múltiple. Este proceso da lugar a un esquizonte, una estructura multinucleada que concentra en una sola unidad una multiplicidad de potenciales descendientes. Por otro lado, la esquizogonía se refiere al proceso completo mediante el cual este esquizonte se segmenta y libera múltiples merozoitos de manera sincrónica, reinstanciando la organización en una pluralidad de unidades discretas (Voß et al., 2023). Esta transición de fase, de la unidad metabólica a la multiplicidad latente, y luego a una

pluralidad de instancias activas, implica un cambio coordinado en la organización celular: durante la fase multinucleada, los núcleos se dividen de manera asincrónica pero regulada manteniendo la continuidad funcional del sistema en un estado de potencial distribuido (Klaus et al., 2022). Este cambio de estado es mediado y estabilizado por mecanismos epigenéticos y postraduccionales, que regulan la transición del esquizonte hacia la liberación de merozoitos (Tajeri et al., 2022).

Desde la perspectiva propuesta en este trabajo, ejemplos de variación del crecimiento celular como el mencionado anteriormente presentan un caso límite que permite hacer visible la intuición general: la continuidad del sistema depende de la preservación de condiciones organizacionales que pueden distribuirse, suspenderse y reactivarse en fases posteriores del ciclo (Adomako et al., 2021). En este sentido, la esquizogonía ejemplifica un régimen merpoiético en el que la identidad se conserva como potencial organizacional y se reinstancia episódicamente en múltiples unidades (Gubbels et al., 2020).

Casos de generación por ruptura

Otro camino sencillo para ilustrar la merpoiesis más allá de los casos de división celular consiste en el análisis de ejemplos botánicos considerando arquitecturas vegetales modulares y clonales (Hütt, 2019). Si nos enfocamos en sistemas en los cuales la persistencia puede organizarse mediante partición y propagación por fragmentos, veremos que existe una amplia diversidad de modos de producción y reproducción a través de propágulos, fisiones, gemación y fragmentaciones. Un ejemplo cotidiano es la propagación vegetativa mediante esquejes, que permite pensar esta familia de estrategias como un régimen poiético.

A diferencia de la reproducción sexual,⁵ donde se combinan linajes y se introduce novedad genética, el esqueje conserva continuidad de linaje por vía clonal: un fragmento de tallo o raíz, bajo condiciones apropiadas, puede reorganizar su desarrollo y constituir un nuevo sistema. La ruptura de la planta induce la producción de auxinas y la formación de tejidos, iniciando la morfogénesis de nuevas raíces. En este proceso, la ruptura actúa como el gatillo del cambio de modalidad poiética. Genéticamente el esqueje es un clon de la planta inicial, pero topológicamente, representa una discontinuidad evidente. El fragmento porta recursos y condiciones organizacionales que, si se estabilizan, permiten reinstanciar una dinámica de autonomía.

Este punto se conecta directamente con un resultado general de los estudios sobre fragmentación: la viabilidad de una partición depende de sus costos (demora, riesgo, pérdida), que moldean qué estrategias de fragmentación prosperan y cuán diversas pueden ser (Pichugin et al. 2017; Henriques et al. 2021). En este sentido, se puede pensar el corte del esqueje como un evento gatillante que fuerza una reconfiguración de restricciones. El fragmento entra en una fase transicional donde la continuidad del proceso (de mantenimiento estable) se interrumpe, pero la continuidad del sistema se juega como capacidad de reinstanciación: si se restablecen las condiciones de intercambio del fragmento para regenerar estructuras críticas (por ejemplo, enraizamiento), se instancia una nueva unidad operacionalmente autónoma.⁶ Así, se puede caracterizar este ciclo como partición-latencia-reinstanciación bajo *trade-offs* explícitos en una dinámica temporal y causal que discutiremos a continuación.

⁵ En el contexto de la autopoiesis como dinámica de autoproducción, la reproducción sexual de un organismo se puede pensar como una instancia de acoplamiento de dos unidades autopoieticas para la generación de una tercera unidad autopoietica diferente de las dos primeras. Sin embargo, desde esta perspectiva, el proceso de reproducción sexual en sí no es autopoietico, por cuanto los gametos que produce cada unidad autopoietica no constituyen partes de la estructura de las unidades progenitoras.

⁶ Podría objetarse que los casos aquí reunidos no constituyen un régimen poiético adicional, sino meras variantes reproductivas de sistemas autopoieticos. Sin embargo, la propuesta de merpoiesis no se limita a describir productos reproductivos, sino a identificar un

Dinámica causal episódica

En términos temporales, la merpoiesis desafía la imagen de un mantenimiento lineal, homogéneo y constante asociada a lecturas estándar de la autopoiesis y de la simpoiesis. En lugar de una operación continua, el régimen merpoiético organiza su persistencia como episodios de alta actividad (tales como agregación, fructificación o esporulación) separados por intervalos de baja actividad, suspensión relativa o latencia. En este sentido, la noción de dinámica causal episódica permite caracterizar un patrón causal y temporal en el que la organización biológica se expresa de manera intermitente y, en ciertos casos, periódica, sin dejar por ello de conservar continuidad organizacional (Tabla 1).

Régimen	Unidad privilegiada	Modo de persistencia	Relación con partes/otros	Temporalidad dominante
Autopoiesis	Unidad individual	Autoproducción continua	Integración funcional interna	Continuidad operacional
Simpoiesis	Ensamblaje relacional	Coproducción distribuida	Interdependencia constitutiva	Continuidad relacional
Merpoiesis	Sistema/fase con capacidad de reinstanciación	Partición, latencia y reactivación	Subunidades/pro-págulos portan condiciones organizacionales	Intermitencia episódica

Tabla 1. Comparación esquemática entre modos generativos de sistemas vivos.

Durante la fase latente el sistema opera en un régimen de mantenimiento mínimo, reduciendo drásticamente los flujos termodinámicos que lo sostienen y preservando estructuras y restricciones críticas a un costo metabólico

patrón de persistencia organizacional en el que la continuidad del sistema se desplaza desde la operación continua de una sola unidad hacia la preservación y reactivación distribuida de condiciones de organización.

bajo, en contraste con estados activos donde sostener barreras, reparar componentes e interactuar intensamente con el entorno demanda mayor gasto energético y potencialmente mayor vulnerabilidad. La latencia puede entenderse, entonces, como un lapso de espera que consigue reducir el riesgo o la exposición frente a ambientes hostiles o adversos. Esta caracterización de la causalidad por episódica se fundamenta en un cambio de perspectiva sobre la dinámica causal: en lugar de pensar en un proceso activo y eficiente, se adopta una perspectiva de causalidad por restricciones⁷ (con encapsulamiento y preservación de organización potencial). La aparente falta de acción de la fase latente es una manera de gestionar acoplamientos: al suspender ciertas interacciones, el sistema evita trayectorias de degradación y conserva la posibilidad de reinstanciación futura.

Si situamos estas dinámicas sobre el trasfondo de sistemas lejos del equilibrio, esto vuelve inteligible por qué la continuidad del proceso puede ser costosa y por qué su discontinuidad puede resultar una estrategia viable, sin implicar que el sistema deje de ser causal entre episodios de instanciación ni que sea simplemente un proceso autopoietico en estado de pausa o hibernación.

Casos de estudio: merpoiesis como dinámica generativa multiescala

En lo que sigue se expande el análisis a casos de distintas escalas de organización (unicelular, pluricelular y poblacional) que ponen en tensión el sesgo de continuidad presente en la literatura, pero al mismo tiempo contribuyen a la plausibilidad biológica de este tercer modo poiético. El objetivo de examinar estos casos es mostrar cómo el patrón de partición-latencia-reinstanciación se vuelve explicativamente relevante cuando la continuidad de la

⁷ Como ha argumentado Juarrero (2002), los niveles superiores de organización en sistemas dinámicos pueden seguir siendo causalmente efectivos incluso en ausencia de actividad directa, actuando “no de manera coercitiva ni por empuje, sino como una restricción de segundo orden, descendente” (Juarrero, 2002, p. 144, traducción propia). Esta forma de causalidad por restricción más que por agencia directa permite comprender cómo una organización preserva su potencial durante fases latentes sin dejar de influir causalmente en sus componentes.

estructura del sistema no coincide con una continuidad uniforme de sus procesos, y por qué esto dificulta la caracterización de los casos simplemente como instancias autopoieticas o simpoieticas.

Dictyostelium: cooperación, cuellos de botella y discontinuidad del individuo

La ameba social *Dictyostelium discoideum* posee un ciclo de vida que alterna entre fases unicelulares y fases de agregación pluricelular. Bajo condiciones favorables, las células existen de manera independiente y se reproducen por división. Sin embargo, ante condiciones de inanición (que inducen pulsos de cAMP)⁸, miles de células comienzan a agregarse, formando corrientes de migración que convergen en un ensamblaje multicelular. Esto da lugar a una estructura migratoria transitoria con forma de babosa capaz de desplazarse, para luego pasar a su diferenciación en un cuerpo fructífero compuesto por un tallo inerte y un conjunto de esporas viables (Parhizkar et al., 2020a, 2020b). El *Dictyostelium* resulta relevante no solo por alternar entre fases, sino porque su persistencia estructural a través de estos ciclos depende de partición, latencia y reinstanciación, y no de la continuidad de una sola unidad individual a lo largo de todas sus fases.

Sin embargo, para contribuir a la plausibilidad biológica de la merpoiesis, no basta con enunciar procesos complejos con diferentes fases de producción y reproducción a escala unicelular y pluricelular. También debemos enfrentar el problema evolutivo introducido en el caso del *Dictyostelium discoideum*, en cuya fase de conformación del cuerpo fructífero, aproximadamente, el 20 % de las células del *Dictyostelium* contribuyen a la conformación del tallo y mueren al quedar relegadas en la migración, mientras que el 80 % restante se convierte en esporas que serán dispersadas y, bajo condiciones adecuadas, darán lugar a nuevas células individuales. ¿Cómo

⁸ El cAMP (adenosín monofosfato cíclico) es una molécula de señalización intra y extracelular. En *Dictyostelium discoideum*, la inanición induce la liberación de pulsos de cAMP, los cuales actúan como señales quimiotácticas que coordinan la migración, sincronización y agregación de miles de células.

podemos explicar esta dinámica de aparente sacrificio altruista? Dado que la formación del tallo implica un costo potencialmente letal, ¿qué impide la proliferación de células “tramposas” o mutantes que eviten esta contribución a la conformación del tallo y maximicen su probabilidad de esporulación? En términos más generales, podemos preguntarnos ¿qué tan plausible resulta en el contexto evolutivo la estrategia merpoiética?

La clave reside en la estructura del ciclo mismo. Como han mostrado Kuzdzal-Fick et al. (2011), la fragmentación del ciclo en fases discretas (particularmente la dispersión de esporas individuales) impone cuellos de botella genéticos que restringen la propagación de variantes no cooperativas. La fragmentación asegura que los nuevos grupos se formen a partir de progenie clonal o de consorcios probados. Si una célula tramposa logra infiltrarse, su éxito local conduce eventualmente al colapso del tallo y su propia extinción; pero, gracias a la partición discreta, este colapso no contamina a la metapoblación global. Henriques et al. (2021) expanden esta lógica a grupos multiespecie, sugiriendo que la producción fragmentaria es clave para reducir la carga mutacional y mantener la cooperación en *biofilms* complejos.

Si bien este caso nos podría permitir ilustrar aspectos relevantes de dinámicas autopoiéticas de clausura/autonomía para cada unidad o célula activa, este régimen generativo no basta para describir el cambio de unidad relevante entre fases (ciclo de uno a muchos a uno); asimismo, también podemos identificar fases con dinámicas simpoiéticas como la agregación pluricelular, pero esta modalidad generativa tampoco basta para explicar todas las etapas que atraviesan los organismos, por cuanto su estabilidad depende críticamente de un gesto opuesto a la agregación: la segmentación y dispersión sus células o esporas que reinician el proceso. La partición y la latencia de las esporas permiten dar paso a la reinstanciación de los organismos unicelulares, y los marcos que suponen continuidad de procesos (como la autopoiesis y la simpoiesis) no permiten tipificar o describir todas las transiciones operacionales que atraviesa el *Dictyostelium discoideum*.

Partición reproductiva en poliquetos

Si buscamos ejemplos biológicos de merpoiesis más allá de los organismos unicelulares, donde las diferencias entre procesos de producción de partes

y su reproducción parecen desdibujarse, o ejemplos diferentes de los esquejes que se realizan principalmente de forma artificial,⁹ debemos analizar procesos de reproducción asexual en organismos pluricelulares, animales o vegetales. En términos generales, tanto la fragmentación o escisión de estrellas marinas, poríferos y colonias de coral, como la gemación de hidras conducen a la producción de clones. En el contexto botánico, podemos encontrar plantas como el diente de león (*Taraxacum officinale*) y otras especies apomícticas¹⁰ cuyas semillas germinan clones de sus progenitores.

Por otra parte, también podemos encontrar casos de merpoiesis que introducen variabilidad genética, como los organismos que se reproducen por epitokia, un proceso observado en diversos anélidos poliquetos en el cual un organismo diferenciado (*átoco*) genera un segmento o unidad reproductiva especializada (*epítoco*) mediante la transformación y posterior partición de su región posterior en un proceso de gemación. Este proceso consiste en la formación de una subunidad funcionalmente autónoma destinada a la reproducción. Un ejemplo ilustrativo es el gusano *Palola viridis* (o *Eunice viridis*), que transforma su sección posterior radicalmente cargándose de gametos y desarrollando estructuras de natación. Este epítoco se desprende físicamente del resto del cuerpo y nada de forma independiente hacia la superficie para participar en un desove masivo. Mientras el epítoco cumple su función reproductiva terminal y se disuelve, el átoco original permanece en el arrecife, regenera sus segmentos perdidos y continúa su existencia como unidad metabólica activa.

Aquí el epítoco es una instanciación parcial que externaliza el riesgo reproductivo. Aunque no hay latencia en el sentido de dormancia como las semillas del diente de león, sí hay desacoplamiento causal: el átoco se aísla del riesgo de muerte que puede suponer el desove en la superficie al delegar

⁹ Los casos donde ambas partes del organismo fragmentado deben recomponerse después de la escisión (como el esqueje o las estrellas de mar) se denominan *arquitomía*; por otra parte, se denomina *paratomía* a los casos donde los tejidos o estructuras requeridos se desarrollan antes de la separación (como los casos de gemación en hidras).

¹⁰ La *apomixis* consiste en la reproducción a través de semillas sin meiosis ni fecundación.

esa función en un fragmento que, si bien es prescindible para el desarrollo de su metabolismo y la mantención de su identidad, resulta fundamental para su reproducción. Nuevamente, resulta difícil caracterizar este ejemplo solo en términos de autopoiesis, por cuanto las dinámicas de autoproducción y mantenimiento continuos se ven interrumpidas cuando el organismo se fracciona.

Autosegregación en metapoblaciones

A diferencia de los ejemplos anteriores, aquí la merpoiesis no se manifiesta como producción de propágulos o fragmentos corporales, sino como estabilización sistémica por partición espacial y reinstanciación local. Se trata, por tanto, de una extensión ecológica del concepto para caracterizar patrones asociados a la producción de sistemas biológicos en otra escala. El trabajo de de Kemmeter et al. (2022) estudia y modela sistemas de reacción-difusión en paisajes con capacidad de carga limitada, mostrando la emergencia de fronteras nítidas de vacío entre subgrupos, es decir, un patrón de autosegregación donde la desconexión espacial protege al sistema frente a una posible sincronización catastrófica (propagación global de perturbaciones/patógenos).

Aquí el fenómeno tensiona en otra escala el sesgo de continuidad, dado que invierte una intuición clásica: no es que el sistema falle en conectarse, sino que construye la separación como una relación funcional que incrementa su resiliencia. La merpoiesis ofrece una posibilidad para describir y entender esa discontinuidad como parte del régimen de persistencia: la identidad del sistema puede residir en un patrón de partición (subpoblaciones desacopladas por zonas de baja densidad) que conserva la capacidad de reinstanciación local sin colapsar globalmente. En estos casos, la clausura de una unidad local propia de la autopoiesis no permite explicar por sí sola por qué la persistencia se optimiza a través de múltiples unidades separadas y no mediante un *superindividuo* continuo.¹¹ Por otra parte, podemos ver

¹¹ Pichugin et al. (2017) modelaron matemáticamente la evolución de los ciclos de vida multicelulares, desafiando la asunción implícita de complejidad creciente (“más grande

que la simpoiesis con su coproducción y conexión continua no siempre constituye el horizonte de las dinámicas a maximizar; en ciertos regímenes, la robustez emerge de minimizar dependencias. En este sentido, la merpoiesis se muestra compatible con una visión de la continuidad sistémica como continuidad de organización (incluyendo particiones protectoras) más que como continuidad de conexión de las relaciones que la instancian.

Leídos desde el marco de la autonomía por cierre de restricciones, las dinámicas descritas en este trabajo funcionan como casos límite para el supuesto de continuidad: la autopoiesis captura con fuerza la clausura operacional de una unidad activa, pero se vuelve menos informativa cuando la unidad se distribuye y cambia en fases, fragmentos o cuellos de botella; por otra parte, la simpoiesis ilumina la coproducción relacional, pero no basta cuando la robustez emerge precisamente de reducir acoplamientos y segmentar exposición. La noción de merpoiesis permite, sin reemplazar estos marcos, nombrar y comparar un régimen donde la autonomía se conserva como potencial organizacional distribuido y se reinstancia de manera episódica.

Conclusión

Los casos estudiados en este trabajo, leídos desde el marco de la autonomía como cierre de restricciones, ponen a prueba el sesgo de continuidad que atraviesa buena parte de la teoría de sistemas aplicada a lo vivo. En particular, muestran que la persistencia de un sistema no siempre puede explicarse exclusivamente por el mantenimiento operacional sostenido de una única organización activa. El objetivo de este ensayo no ha sido impugnar ese supuesto en general, sino mostrar su insuficiencia cuando se lo transforma en criterio único: existen ciclos de vida y arquitecturas de persistencia donde

mejor”), mostrando que la forma en que un organismo se divide (su modo de fragmentación) es un rasgo evolutivo crítico. Analizando funciones de pago (*payoff*) demostraron que cuando los beneficios del tamaño tienen rendimientos decrecientes, ej. La relación superficie/volumen empeora o la coordinación se vuelve costosa, la estrategia evolutivamente estable no es el crecimiento indefinido, sino la fragmentación múltiple.

la continuidad del sistema no exige continuidad uniforme del proceso que lo instancia, porque la organización puede conservarse como capacidad de reinstanciación distribuida en fragmentos, propágulos o subunidades. A partir de la distinción entre la instanciación de una estructura, los procesos que sostienen su mantenimiento y la estructura misma entendida como patrón de relaciones, este trabajo introduce el concepto de merpoiesis para describir modalidades de producción biológica por fragmentación, latencia y reinstanciación.

Reconocer una pluralidad de modos poiéticos permite visibilizar la diversidad de vías causales por las que los sistemas persisten, se adaptan y evolucionan: ya sea por autoproducción continua, coproducción sostenida o persistencia por partición, latencia y reinstanciación. En este marco, la merpoiesis designa un régimen de autonomía episódica en el que la identidad no depende de la actividad uniforme de una sola unidad, sino de la conservación y reactivación de condiciones organizacionales distribuidas. La merpoiesis puede entenderse, en este sentido, como una forma de autonomía episódica. La propuesta no introduce una tesis metafísica sobre partes y todos, sino un criterio organizacional para identificar qué porciones de un sistema preservan condiciones de instanciación de la organización y cómo esas condiciones pueden sostener la continuidad del sistema incluso cuando no hay continuidad uniforme de los flujos causales o termodinámicos que lo realizan.

Metodológicamente, este enfoque permite evitar tanto la falsa dicotomía entre sistemas cerrados y abiertos como el error categorial de confundir autonomía causal con independencia material. Desde esta perspectiva se vuelven relevantes variables que suelen quedar en segundo plano, como los patrones temporales de mantenimiento (continuos o intermitentes) y las formas de autonomía episódica compatibles con intercambios materiales variables. En este trabajo no se sostiene que autopoiesis, simpoiesis y merpoiesis sean teorías rivales y excluyentes, sino descripciones de regímenes que pueden alternar dentro de un mismo ciclo de vida, ensamblaje o arquitectura de persistencia. Entendida así, la propuesta abre una agenda empírica para

el estudio de sistemas híbridos, distribuidos y transitorios, y amplía la cobertura explicativa del análisis biológico manteniendo precisión sobre los aspectos causales de los procesos.

REFERENCIAS

- Adomako, M. O., Alpert, P., Du, D.-L., & Yu, F.-H. (2021). Effects of fragmentation of clones compound over vegetative generations in the floating plant *Pistia stratiotes*. *Annals of Botany*, 127(1), 123–133. <https://doi.org/10.1093/aob/mcaa150>
- de Kemmeter, J.-F., Carletti, T., & Asllani, M. (2022). Self-segregation in heterogeneous metapopulation landscapes. *Journal of Theoretical Biology*, 554, 111271. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2022.111271>
- Dempster, M. B. (1998). *A self-organizing systems perspective on planning for sustainability*, [Tesis de maestría, University of Waterloo].
- Dempster, M. B. (2000). Sympoietic and autopoietic systems: A new distinction for self-organizing systems. *Proceedings of the World Congress of the Systems Sciences and ISSS 2000*.
- Dengsø, M. J., & Kirchhoff, M. D. (2023). Beyond individual-centred 4e cognition: Systems biology and sympoiesis. *Constructivist Foundations*, 18(3), 351–364. <https://constructivist.info/18/3/351>
- Di Paolo, E. A. (2005). Autopoiesis, adaptivity, teleology, agency. *Phenomenology and the cognitive sciences*, 4(4), 429–452. <https://doi.org/10.1007/s11097-005-9002-y>
- Gubbels, M.-J., Keroack, C. D., Dangoudoubiyam, S., Worliczek, H. L., Paul, A. S., Bauwens, C., Elsworth, B., Engelberg, K., Howe, D. K., Coppens, I., & Duraisingh, M. T. (2020). Fussing about fission: Defining variety among mainstream and exotic apicomplexan cell division modes. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10, 269. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.00269>
- Haraway, D. J. (2016). *Staying with the trouble: Making kin in the Chthulucene*. Duke University Press.
- Henriques, G. J. B., van Vliet, S., & Doebeli, M. (2021). Multilevel selection favors fragmentation modes that maintain cooperative interactions in multispecies communities. *PLoS Computational Biology*, 17(9), e1008896. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1008896>
- Huitzil, S., & Huepe, C. (2024). Life's building blocks: The modular path to multiscale complexity. *Frontiers in Systems Biology*, 4, 1417800. <https://doi.org/10.3389/fsysb.2024.1417800>

- Hütt, M.-T. (2019). Modular organization and emergence in systems biology. En L. H. Wegner & U. Lüttge (Eds.), *Emergence and modularity in life sciences* (pp. 37–49). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-06128-9_2
- Juarrero, A. (2002). *Dynamics in action: Intentional behavior as a complex system*. MIT Press.
- Kirchhoff, M. D., & Froese, T. (2017). Where there is life there is mind: In support of a strong life–mind continuity thesis. *Entropy*, 19(4), 169. <https://doi.org/10.3390/e19040169>
- Klaus, S., Binder, P., Kim, J., Machado, M., Funaya, C., Schaaf, V., Klaschka, D., Kudulyte, A., Cyrklaff, M., Laketa, V., Höfer, T., Guizetti, J., Becker, N. B., Frischknecht, F., Schwarz, U. S., & Ganter, M. (2022). Asynchronous nuclear cycles in multinucleated *Plasmodium falciparum* facilitate rapid proliferation. *Science Advances*, 8(13). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abj5362>
- Kliska, N., & Nehaniv, C. (2024). Autocatalysis, autopoiesis, and the opportunity cost of individuality. *Biomimetics*, 9(6), 328. <https://doi.org/10.3390/biomimetics9060328>
- Kuzdzal-Fick, J. J., Fox, S. A., Strassmann, J. E., & Queller, D. C. (2011). High relatedness is necessary and sufficient to maintain multicellularity in *Dictyostelium*. *Science*, 334(6062), 1548–1551. <https://doi.org/10.1126/science.1213272>
- Maturana, H. R. (1988). Reality: The search for objectivity or the quest for a compelling argument. *The Irish Journal of Psychology*, 9(1), 25–82. <https://doi.org/10.1080/03033910.1988.10557705>
- Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1980). *Autopoiesis and cognition: The realization of the living*. D. Reidel.
- Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1994). *De máquinas y seres vivos: Una teoría sobre la organización biológica*. Editorial Universitaria. (Trabajo original publicado en 1972)
- Moreno, A., & Mossio, M. (2015). *Biological autonomy: A philosophical and theoretical enquiry*. Springer.
- Parhizkar, M., Di Marzo Serugendo, G., Nitschke, J., Hellequin, L., Wade, A., & Soldati, T. (2020a). First-order agent-based models of emergent behaviour of *Dictyostelium discoideum* and their inspiration for swarm robotics: A selection of aggregation phase behaviour with biological illustrations. *Artificial Life and Robotics*, 25(4), 643–655. <https://doi.org/10.1007/s10015-020-00657-9>

- Parhizkar, M., Di Marzo Serugendo, G., Nitschke, J., Hellequin, L., Wade, A., & Soldati, T. (2020b). Second-order agent-based models of emergent behaviour of *Dictyostelium discoideum* and their inspiration for swarm robotics: A selection of migration phases behaviour with biological illustrations. *Artificial Life and Robotics*, 25(4), 656–665. <https://doi.org/10.1007/s10015-020-00656-w>
- Pears, C. J., & Gross, J. D. (2021). Microbe profile: *Dictyostelium discoideum*: Model system for development, chemotaxis and biomedical research. *Microbiology*, 167(3), 001040. <https://doi.org/10.1099/mic.0.001040>
- Peñalver Bernabé, B., Cralle, L., & Gilbert, J. A. (2018). Systems biology of the human microbiome. *Current Opinion in Biotechnology*, 51, 146–153. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2018.01.018>
- Pichugin, Y., Peña, J., Rainey, P. B., & Traulsen, A. (2017). Fragmentation modes and the evolution of life cycles. *PLoS Computational Biology*, 13(11), e1005860. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005860>
- Rosenberg, E., & Zilber-Rosenberg, I. (2012). The hologenome concept. En E. Rosenberg & U. Gophna (Eds.), *Beneficial microorganisms in multicellular life forms* (pp. 323–340). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21680-0_24
- Rosenberg, E., & Zilber-Rosenberg, I. (2013). *The hologenome concept: Human, animal and plant microbiota*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-04241-1>
- Soto-Andrade, J. (2023). Does structural coupling meet sympoiesis? *Constructivist Foundations*, 18(3), 371–373. <https://constructivist.info/18/3/371.soto-andrade>
- Tajeri, S., Momeux, L., Saintpierre, B., Mfarrej, S., Chapple, A., Mourier, T., Shiels, B., Arie, F., Pain, A., & Langsley, G. (2022). *Theileria annulata* histone deacetylase 1 (TaHDAC1) initiates schizont to merozoite stage conversion. *Scientific Reports*, 12(1), 12710. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15518-7>
- Varela, F. J. (1979). *Principles of biological autonomy*. North-Holland / Elsevier.
- Varela, F. J., & Maturana, H. R. (1972). Mechanism and biological explanation. *Philosophy of Science*, 39(3), 378–382. <https://doi.org/10.1086/288458>
- Varela, F. J., Maturana, H. R., & Uribe, R. (1974). Autopoiesis: the organization of living systems, its characterization and a model. *Biosystems*, 5(4), 187–196. [https://doi.org/10.1016/0303-2647\(74\)90031-8](https://doi.org/10.1016/0303-2647(74)90031-8)

- Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. MIT Press.
- Varzi, A. C. (2016). *Mereology*. En E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (edición 2016). <https://plato.stanford.edu/entries/mereology/>
- Voß, Y., Klaus, S., Guizetti, J., & Ganter, M. (2023). Plasmodium schizogony, a chronology of the parasite's cell cycle in the blood stage. *PLoS Pathogens*, 19(3), e1011157. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1011157>
- Zwicky, M. (2001). Wholes and parts in general systems methodology. In G. P. Wagner (Ed.), *The character concept in evolutionary biology* (pp. 237–256). Academic Press.
- Zwicky, M. (2014, November 7–8). *Systems theory and the metaphysics of composition* [Ponencia]. 66th Annual Northwest Philosophy Conference, Central Washington University, Ellensburg, WA, United States. https://pdxscholar.library.pdx.edu/sysc_fac/57/