



DE MÁQUINAS Y SERES VIVOS
AUTOPOIESIS:
LA ORGANIZACIÓN DE LO VIVO

Humberto Maturana
Francisco Varela

A veinte años de la publicación de este libro, la noción de *autopoiesis* u organización de lo viviente como caracterización de los sistemas vivos, tiene plena vigencia en nuestros días. En un enfoque mecanicista de la realidad biológica, en que se renuncia a toda explicación teleonómica, los sistemas vivos son explicados en términos de relaciones de producción y no de las propiedades de sus componentes. La visión propuesta por los profesores Maturana y Varela, no sólo permite entender la fenomenología biológica en su totalidad, llegando en algunos casos a romper con los mitos de la biología, sino que tiene también importantes consecuencias en otros campos del entendimiento humano. En prólogos separados a la segunda edición de este libro, los autores, desde sus particulares puntos de vista, revisan los planteamientos centrales de la obra, así como su gestación a dos décadas de la primera edición.

Índice de contenido

Veinte años después

Prefacio de Humberto Maturana a la segunda edición

Antecedentes

Historia

La palabra autopoiesis

Un caso artificial

El presente

Determinismo estructural

Espontaneidad versus finalidad

Comentario final

Por último

Prefacio de Francisco Varela a la segunda edición

Los años de incubación

Aprendiz de neurobiólogo

La reflexión filosófica

Cerebro, máquinas y matemáticas

Entrada en la epistemología experimental

Harvard y la crisis del 68

La gestación de la idea

Cerniendo el problema

La especificidad de la autopoiesis

Una idea y dos textos

Expansión y continuidad de una idea

Devenir de la autopoiesis en sentido estricto

La autopoiesis como metonimia

Más allá de la autopoiesis

Autoreferencia y clausura

Identidad somática y sistema inmunitario

Evolución y deriva natural

Enacción y cognición

Conciencia y fenomenología

Coda

Introducción

Capítulo I

1. Máquinas
2. Máquinas viviente
 - a. Máquinas autopoieticas
 - b. Sistemas vivientes

Capítulo II

1. Ausencia de finalidad
2. Individualidad

Capítulo III

1. Nociones descriptivas y causales
2. Materialización molecular
3. Origen

Capítulo IV

1. Subordinación a la condición de unidad
2. Plasticidad de la ontogenia
3. La reproducción, una complicación de la unidad
4. La evolución, una red histórica
5. Sistemas autopoieticos de mayor orden

Capítulo V

1. Implicaciones biológicas
2. Implicaciones epistemológicas
3. Implicaciones gnoseológicas

Apéndice

A. El Sistema Nervioso como sistema

1. La neurona
2. Organización: el sistema nervioso como un sistema cerrado
3. Cambio

- 4. Arquitectura
- 5. Estados referenciales
- B. Consecuencias
 - 1. Acoplamiento histórico
 - 2. Aprendizaje como fenómeno
 - 3. El tiempo como dimensión
- C. Implicaciones

Glosario

Notas

Lámina 1. §3.3 [1] [2] [3]

Veinte años después

Prefacio de Humberto Maturana *a la segunda edición*

Antecedentes

Aunque Francisco Varela y yo escribimos juntos este libro, y no me cabe duda de que ni él ni yo lo habríamos escrito con la forma y contenido que tiene por separado, yo no puedo hablar por él en ninguna circunstancia en lo que a este libro se refiere ni con respecto a ninguna otra cosa. Por esto, al escribir este nuevo prefacio hablaré de mí y del origen de las ideas que yo he puesto en el libro como aspectos de mi vida. No creo que pueda hacerse honestamente de otra manera. En estas circunstancias, deseo que quede claro que cuando diga que Francisco fue mi alumno no pretendo disminuir su grandeza ni subordinar su pensamiento al mío, sólo apuntaré a la historia. Yo soy dieciocho años mayor que Francisco, una diferencia muy grande en los comienzos de la vida de un científico en la relación maestro alumno, y una que se hace muy pequeña o nula cuando la vida científica del que fue el maestro se acerca a su fin.

Historia

El título de este pequeño libro debió ser *Autopoiesis: la organización de lo viviente*, pues su tema es la organización del ser vivo, y yo concebí la palabra *autopoiesis* precisamente en el intento de sintetizar en una expresión simple y evocadora, lo que me parecía central de la dinámica constitutiva de los seres vivos. De hecho no lo fue, y no es del caso hurgar en este momento sobre cuáles fueron las circunstancias que determinaron el título de la primera edición. Ahora quiero cambiarlo por el que para mi gusto debió ser el título original: *Autopoiesis: la organización de lo vivo*. Además, lo que también quiero hacer en este prefacio, poco más de veinte años después que el libro fuera escrito, es relatar cómo fueron surgiendo en mi vida ideas, nociones, y conceptos que él contiene, y comentar algunos aspectos de ellos.

Regresé a Chile el año 1960, después de obtener mi doctorado en biología (PhD) en la Universidad de Harvard, y al cabo de una permanencia total de seis años estudiando y trabajando en el extranjero. Regresé cumpliendo un compromiso que había contraído antes de salir con la Universidad de Chile, pero íntimamente con el deseo de retribuir al país todo lo que había recibido de él. Al llegar me incorporé inmediatamente como ayudante segundo en la cátedra de Biología del profesor Gabriel Gasic, en la Escuela de Medicina de dicha Universidad. Después de conversar ampliamente con el profesor Gasic, logré convencerlo de que me dejase dictar, en su curso de biología del primer año de medicina, una serie de clases sobre el origen y la organización de los seres vivos. Se trataba de un conjunto de cinco o seis clases, casi al final del año, al que yo podía darle el contenido que quisiese. Yo pensaba que me había preparado durante toda mi vida para esas clases. En efecto, yo había estudiado medicina, biología, anatomía, genética, había incursionado en antropología, arqueología y paleontología, me había interesado por la etnología y la mitología, y había hecho investigaciones en diversos ámbitos de la biología

(como anatomía, neurobiología, taxonomía) durante mis diez años de estudiante en Chile y en el extranjero. En verdad yo me había interesado por los seres vivos ya antes de haber sido acogido amorosamente por el Dr. Gustavo Hoecker en su laboratorio, en el primer año de mis estudios de medicina el año 1948. Al final de la última clase de ese conjunto, un estudiante me pregunta: «Señor, usted dice que la vida se originó en la tierra hace más o menos tres mil quinientos millones de años atrás. ¿Qué sucedió cuando se originó la vida? ¿Qué comenzó al comenzar la vida, de modo que usted puede decir ahora que la vida comenzó en ese momento?». Al oír esa pregunta me di cuenta de que no tenía respuesta; ciertamente me había preparado para contestarla, pero no podía, ya que de hecho no me la había preguntado en esos términos. ¿Qué se origina, y se conserva hasta ahora, cuando se originan los seres vivos en la tierra?, fue la pregunta que oí. Indudablemente me puse colorado, y no sólo una sino varias veces, pero contesté: «No lo sé, sin embargo, si usted viene el próximo año, le propondré una respuesta». Tenía un año para encontrarla.

Uno no siempre acepta las preguntas que formula, aun cuando dice que las acepta. Aceptar una pregunta consiste en sumergirse en la búsqueda de su respuesta. Más aún, la pregunta especifica qué respuesta admite. Así, lo primero que hice fue formularme la pregunta de una manera completa: «¿Qué comienza cuando comienzan los seres vivos en la tierra, y se ha conservado desde entonces?». O, puesto de otra manera, «¿Qué clase de sistema es un ser vivo?». En el año 1960 esta era una pregunta sin respuesta. Los autores de libros de biología o no la trataban, o se desentendían de ella diciendo que se requerían muchos más conocimientos, o recurrían a enumerar las propiedades o características de los seres vivos en una lista que resultaba necesariamente interminable en la falta de caracterización independiente de lo vivo que permitiese decir cuando la lista estaba completa. Los científicos como Oparin y Haldane

que se habían ocupado con la pregunta por el origen de la vida, no proponían en su enfoque experimental o teórico nada que pudiese servir como una caracterización de lo vivo. Asimismo, científicos como von Bertalanfy que insistían en considerar a los seres vivos como totalidades con un criterio sistémico, hablaban de una visión organísmica, y parecían considerar que lo central para comprender a los seres vivos, era tratarlos como sistemas abiertos procesadores de energía. Yo, en cambio, pensaba que lo central para explicar y comprender a los seres vivos era hacerse cargo de su condición de entes discretos, autónomos, que existen en su vivir como unidades independientes. De hecho yo pensaba, y aún lo pienso, que lo central de la biología como ciencia es que el biólogo trata con entes discretos y autónomos que generan en su operar fenómenos generales en tanto se parecen, mientras que lo central en la física como ciencia es que el físico trata, por el contrario, con leyes generales, sin atender a lo particular de los entes que las realizan. Por esto pensaba, y todavía pienso así, que la tarea central de un biólogo es explicar y comprender a los seres vivos como sistemas en los que tanto lo que pasa con ellos en la soledad de su operar como unidades autónomas, como lo que pasa con ellos en los fenómenos de la convivencia con otros, surge y se da en ellos en y a través de su realización individual como tales entes autónomos. Fue con esta visión que me entregue en mis clases a la doble tarea de contestar a la pregunta por el origen de los seres vivos en la tierra y de revelar su manera de constitución como entes autónomos, en el proceso de describir en que consistía su operar como tales.

Que yo supiese, nadie se había planteado estas preguntas como yo lo hacía, tal vez porque nadie se hacía cargo en toda su magnitud de lo que implica el entender que todos los fenómenos biológicos ocurren a través de la realización individual de los seres vivos. Además, yo no enfrentaba este quehacer de un modo completamente inocente.

Diez años antes, a los veintiún años, enfermo de tuberculosis pulmonar en un sanatorio en la cordillera de los Andes, donde debía estar en reposo absoluto, yo leía, en secreto, el gran libro de Julian Huxley, *Evolución, una síntesis moderna*.^[1] Huxley, en ese libro, plantea que la noción de progreso evolutivo es válida si uno piensa en la evolución como un proceso de continuo aumento de la independencia de los seres vivos con respecto del medio en un proceso histórico que culminaba con el ser humano en el momento presente. Yo no estuve de acuerdo con él, y en el silencio de mis horas de reposo, me pregunte por el sentido de la vida y el vivir. Mi respuesta fue entonces, y aún lo es, que la vida no tiene sentido fuera de sí misma, que el sentido de la vida de una mosca es el vivir como mosca, mosquear, ser mosca, que el sentido de la vida de un perro es vivir como perro, vale decir, ser perro en el perrear, y que el sentido de la vida de un ser humano es el vivir humano al ser humano en el humanizar. Y todo esto en el entendido de que el ser vivo es solo el resultado de una dinámica no propositiva.

Estas reflexiones me permitieron reconocer y aceptar que el sentido de mi vida era mi tarea y mi sola responsabilidad. Pero, también me llevaron a ver que la forma de ser autónomo de un ser vivo estaba en el hecho de que todos los aspectos del operar de su vivir tenían que ver sólo con él, y que este operar no surgía de ningún propósito o relación en la que el resultado guiase el curso de los procesos que le daban origen. Por esto, desde 1960 orienté mis reflexiones a encontrar un modo o forma de hablar de los seres vivos que captase la constitución de su autonomía como sistemas en los que todo lo que pasa con ellos en su operar como unidades discretas, tanto en su dinámica relacional como en su dinámica interna, se refiere solo a ellos mismos, y ocurre como una continua realización de ellos mismos en una dinámica relacional en la que el resultado no es un factor en los procesos que le dan origen. Esto es,

mis reflexiones me llevaron a pensar que todo lo que pasa en y con los seres vivos tiene lugar en ellos como si operasen como entes autoreferidos, y que mi tarea era hablar de ellos describiendo el operar de los seres vivos de modo que surgiesen como tales como un simple resultado de ese propio operar. En esa época esto no era una tarea fácil, y mis colegas no comprendían lo que yo quería hacer, tal vez porque yo no sabía como decir lo que quería decir, o porque no disponía todavía de las nociones adecuadas para hacerlo.

Durante los años 1958 y 1959, después de doctorarme en la Universidad de Harvard, trabajé en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), en el Departamento Ingeniería Eléctrica, en su laboratorio de neurofisiología. En ese departamento también había un laboratorio de inteligencia artificial. Al pasar todos los días cerca de ese laboratorio, sin entrar, escuchaba yo las conversaciones de los más distinguidos investigadores en robótica de la época, quienes decían que lo que ellos hacían era modelar los fenómenos biológicos. Marvin Minsky era uno de ellos. A mí me parecía al escucharlos, que lo que ellos hacían no era modelar ni imitar a los fenómenos biológicos, sino que imitar o modelar la apariencia de estos en el ámbito de su visión como observadores. Por esto, intentaba hablar de los seres vivos en mis clases de biología de modo que mi descripción de ellos, y de lo que pasaba con ellos, reprodujese su modo de ser autónomos. No quería cometer el error que pensaba cometían los científicos que trabajaban en inteligencia artificial en el MIT. Evitar ese error no era fácil, pues el discurso biológico de esa época era un discurso funcional, propositivo, y se hablaba de los fenómenos biológicos como si estos quedasen de hecho relevados al hablar de la función que se les atribuía, y como si la descripción de la función especificase los procesos relacionales que le daban origen. Yo pensaba que no era adecuado hablar así ni tan solo metafóricamente, porque me parecía que ese modo de hablar

ocultaba conceptualmente el operar que daba origen al fenómeno biológico que se quería comprender. Para evitar ese ocultamiento, comencé a distinguir entre lo que yo decía como observador según como veía yo en mi espacio de distinciones al ser vivo, de lo que yo decía que pasaba con este en su operar al estar ya constituido como tal. Es decir, comencé a describir, a mi juicio con propiedad y sin confundirlos, los dos dominios en que se da la existencia de un ser vivo: a) el dominio de su operar como totalidad en su espacio de interacciones como tal totalidad, y b) el dominio del operar de sus componentes en su composición sin referencia a la totalidad que constituyen, y que es donde se constituye de hecho el ser vivo como sistema vivo. Esto es, yo quería describir el operar de los componentes del ser vivo en términos exclusivamente locales, no funcionales, y no propositivos. Yo quería mostrar como el ser vivo surgía de la dinámica relacional de sus componentes de una manera ajena a toda referencia a la totalidad a que estos daban origen. Y quería también mostrar cómo el ser vivo surge como totalidad en un dominio distinto del dominio del operar de sus componentes como simple consecuencia espontánea del operar de estos, cuando se concatenan en su operar de una manera particular. En fin, yo quería describir la manera particular de concatenación del operar de los componentes del ser vivo que lo hacen ser vivo, y pensaba que para demostrar que lo había hecho, debía mostrar que todos los fenómenos biológicos resultan de ese modo de operar si se dan las contingencias históricas adecuadas.

Así pues, pensando que la autonomía de los seres vivos en los términos que señale mas arriba era la expresión indirecta de la concatenación de procesos que los definía, comencé a hablar de ellos como *sistemas autoreferidos*, como sistemas en los que su operar solo hace sentido con respecto a si mismos, y los diferencié de ese modo de los sistemas que producimos los seres humanos, los que por diseño hacen sentido solo en relación a un producto o algo

distinto de ellos, y a los que por eso llame *sistemas aloreferidos*. Sin embargo, tal modo de hablar de la constitución de los seres vivos no me era satisfactorio porque la noción de autoreferencia subordina la visión del operar de los componentes a la totalidad que generan, cosa que era precisamente lo que quería evitar al hablar de las relaciones locales de los componentes de modo que el ser vivo surgiese como totalidad como un resultado espontáneo. Además, al hablar así ocultaba el hecho de que aun no había encontrado la dinámica operacional que hacía al ser vivo un ente autoreferido.

A comienzos del año 1964, mientras conversaba con mi amigo el Dr. Guillermo Contreras, microbiólogo, sobre si era posible o no que hubiese un flujo informacional desde el citoplasma hacia el núcleo (entonces no sabíamos de los retrovirus), al escribir yo en el pizarrón que los ADN participaban en la síntesis de las proteínas, y que estas participaban en la síntesis de los ADN, y hacerlo en un dibujo que captaba la relación productiva circular que había entre ellos, me di cuenta de que era esa circularidad la dinámica productiva molecular constitutiva de lo vivo. Esto es, en ese momento me di cuenta de que lo que definía y de hecho constituía a los seres vivos como entes autónomos que resultaban autoreferidos en su mero operar, era que eran unidades discretas que existían como tales en la continua realización y conservación de la circularidad productiva de todos sus componentes, de modo que todo lo que ocurría con ellos ocurría en la realización y en la conservación de esa dinámica productiva, que los definía y a la vez constituía en su autonomía. En ese momento también me di cuenta de que no es el flujo de materia o el flujo de energía como flujo de materia o energía, ni ningún componente particular como componente con propiedades especiales, lo que de hecho hace y define al ser vivo como tal. Un ser vivo ocurre y consiste en la dinámica de realización de una red de transformaciones y de producciones moleculares, tal

que todas las moléculas producidas y transformadas en el operar de esa red, forman parte de la red de modo que con sus interacciones: a) generan la red de producciones y de transformaciones que las produjo o transformo; b) dan origen a los bordes y a la extensión de la red como parte de su operar como red, de modo que esta queda dinámicamente cerrada sobre si misma formando un ente molecular discreto que surge separado del medio molecular que lo contiene por su mismo operar molecular; y c) configuran un flujo de moléculas que al incorporarse en la dinámica de la red son partes o componentes de ella, y al dejar de participar en la dinámica de la red dejan de ser componentes y pasan a ser parte del medio.

O, aún de otra manera: me di cuenta de que el ser vivo no es un conjunto de moléculas sino que una dinámica molecular, un proceso que ocurre como unidad discreta y singular como resultado del operar, y en el operar, de las distintas clases de moléculas que lo componen, en un entre juego de interacciones y relaciones de vecindad que lo especifican y realizan como una red cerrada de cambios y síntesis moleculares que producen las mismas clases de moléculas que la constituyen, configurando una dinámica que al mismo tiempo especifica en cada instante sus bordes y extensión. Es a esta red de producciones de componentes, que resulta cerrada sobre si misma porque los componentes que produce la constituyen al generar las mismas dinámicas de producciones que los produjo, y al determinar su extensión como un ente circunscrito a través del cual hay un continuo flujo de elementos que se hacen y dejan de ser componentes según participan o dejan de participar en esa red, a lo que en este libro llamamos *autopoiesis*. Y, en fin, lo que también decimos en este libro, es que un ser vivo es de hecho un sistema autopoietico molecular, y que la condición molecular es parte de su definición porque determina el dominio relacional en que existe como unidad compuesta. Sistemas autopoieticos no moleculares, esto es,