

Edgar, 1981. El Método 1, La naturaleza de la naturaleza, Madrid, Ediciones Cátedra.

# EL METODO

LA NATURALEZA DE LA NATURALEZA

Edgar Morin



CATEDRA

Aquí es preciso, pues, despejar, enraizar y desarrollar estas nociones de bucle (retroactivo) y de apertura (organizacional) y acoplarlas en el corazón de la organización activa.

1. EL BUCLE: DE LA FORMA GENÉSICA A LA FORMA GENERADORA. ORGANIZACIÓN RECURSIVA Y REORGANIZACIÓN PERMANENTE

En mi fin está mi comienzo.

T. S. ELIOT

CAPÍTULO II

La producción-de-sí  
(el bucle y la apertura)

El ser-máquina tiene una actividad sumergida, invisible porque inexistente, en la máquina artificial. Es allí donde se operan la producción-de-sí y la reorganización-de-sí.

Para acceder a la inteligibilidad de esta praxis profunda, propia de toda organización activa natural, resultan fundamentales e inseparables las ideas de bucle y de apertura.

La idea de bucle retroactivo emergió en y por la cibernética wieneriana (*corrective feed-back loop*). La noción nace en y para la organización de realizaciones complejas (acoplamiento de un ordenador y de un radar para guiar el curso de un proyectil antiaéreo en función de las modificaciones del trayecto del blanco). La idea adquirió una gran amplitud con el desarrollo de las regulaciones automáticas, en las que dispositivos de retroacción negativa anulan las desviaciones respecto de las normas asignadas a las máquinas. Pero el desarrollo de la idea de regulación y de la idea de corrección de la desviación casi han ahogado la idea misma de bucle.

Como la máquina artificial no se genera a sí misma, el bucle retroactivo no ha sido concebido por el pensamiento cibernético como una idea generativa fundamental: es pues, una idea que hay que regenerar, generalizar, fundamentar.

La idea de apertura emerge a nivel organizacional con la noción bertalanffyana de sistema abierto. Enlaza una a otra la problemática termodinámica y la problemática organizacionista. Pero esta teoría, tan necesaria para concebir la ecología de todo fenómeno práctico, no ha sido suficientemente abierta, ni suficientemente organizacionista, y ha ocultado el problema clave del cierre.

En fin, estas dos nociones no han sido unidas, siendo así que constituyen dos caras de un mismo fenómeno.

*El bucle: de la retroacción a la recursión*

Del torbellino al bucle

Hemos visto que la forma rotativa es constitutiva de los motores salvajes (torbellinos, remolinos).

Esta forma nace del encuentro de dos flujos antagonistas que, al interaccionar uno sobre otro, se combinan entre sí en un bucle que retroactúa, en tanto que todo, sobre cada momento y elemento del proceso. Este bucle constituye así la forma *genésica* del remolino o torbellino<sup>1</sup>.

Esta forma genésica es, al mismo tiempo, la forma tipo y constante, es decir, *genérica*, de los torbellinos y remolinos.

Esta forma genérica es organizacional: organiza el movimiento centrípeto y centrífugo del flujo; organiza su entrada, su circulación, su transformación, su salida. Sin cesar, el movimiento rotativo capta el flujo, lo succiona, lo desvía, le hace dar vueltas, lo diferencia, lo vuelve heterogéneo, le imprime la forma de espiral, después lo expulsa. Esta forma, que genera el remolino (genésico), le da su género (genérico), genera a cada instante la organización que regenera el torbellino. La forma es, pues, no sólo *genésica* y *genérica*, sino también *generativa*. Y además, cuando se trata de motores salvajes, es *generadora* de energías cinéticas (que el hombre sabrá domesticar y sojuzgar).

El torbellino es bucle, no sólo porque su forma se vuelve a cerrar sobre sí misma, sino porque esta forma embuclante es retroactiva, es decir, constituye la retroacción del todo en tanto que todo

<sup>1</sup> Los remolinos se constituyen en la corriente de los ríos a partir de un elemento sólido y fijo que, haciendo un papel de ruptura, provoca por retroceso un contraflujo en sentido inverso, el cual se combina con el flujo de forma que crea y mantiene el bucle rotativo.

sobre los momentos y elementos particulares de los que ha surgido. El circuito retroactúa sobre el circuito, le renueva su fuerza y su forma, actuando sobre los elementos/eventos que de otro modo se volverían enseguida particulares y divergentes. El todo retroactúa sobre el todo y sobre las partes, que a su vez retroactúan reforzando el todo. Si el flujo y las condiciones exteriores de formación del remolino no varían más allá de determinados umbrales de tolerancia, el remolino puede perdurar de este modo casi indefinidamente.

La forma genésica de las galaxias y de las estrellas se dibuja en la transformación de las turbulencias en torbellinos. La forma torbellinesca que se constituye bajo el efecto de las interacciones gravitacionales, es animada por un movimiento centrípeto y se concentra en un núcleo que es cada vez más denso y caliente, hasta que se enciende. A partir de ahí, el movimiento centrípeto del torbellino genésico, y el movimiento centrífugo surgido de la fusión termonuclear se entrecruzan y entrecruzan en un bucle retroactivo que se identifica a la forma esférica de la estrella. Ciertamente, queda algo —por lo menos en nuestro sol— de las formas torbellinescas, particularmente en la rotación diferencial de las capas superficiales que se deslizan unas sobre otras con relación al núcleo central, y la periferia del torbellino original se prolonga, transforma y ordena, en la rotación de los planetas alrededor del astro central.

El bucle retroactivo de la estrella, como el del remolino, es a la vez genésico, genérico, generativo, es decir, que asegura el nacimiento, la especificidad, la existencia y la autonomía de la estrella. Como en el remolino, pero de forma mucho más remarcable, ya que la estrella-sol es un ser organizado de una complejidad<sup>1</sup> extraordinaria, lugar de innumerables interacciones de todos los órdenes y de múltiples actividades productoras y motrices, el bucle, nacido espontáneamente de la unión que se vuelve complementaria de dos movimientos antagonistas, asegura retroacción negativa y regulación sin ningún dispositivo informacional. El bucle no nace de una retroacción negativa o de una regulación. Es la retroacción negativa y la regulación. En el origen y en el fundamento del ser solar, está el bucle, es decir el todo retroactivo, productor y organizador-de-sí.

El bucle puede confundirse, en sus especies salvajes o arcaicas, con una forma torbellinesca, circular, esférica. Pero la *idea* de bucle no es una idea mórfica, es una idea de circulación, circuito, rotación, *procesos retroactivos que aseguran la existencia y la constancia de la forma*.

<sup>1</sup> En el centro del sol está el núcleo, en el que se operan las reacciones termonucleares, a su alrededor la fotosfera está constituida por torbellinos incandescentes que equivalen a miles de bombas de hidrógeno, después la cromosfera y, finalmente, la corona.

## La clave-de-bucle: retroacción y recursión

El bucle retroactivo no es una forma, pero permanece unido a las formas rotativas, es decir, comporta siempre circuitos y/o ciclos.

Es un proceso clave de organización activa, a la vez genésico, genérico y generador (de existencia, de organización, de autonomía, de energía motriz). En los ejemplos citados anteriormente el buclaje retroactivo es un proceso físico (remolinos, torbellinos), físico-químico (estrellas), pero no informacional. En los seres vivos, el buclaje físico-químico se opera por la circulación de la información. Por lo demás, el bucle retroactivo ha emergido a nuestra conciencia en forma comunicacional, con el primer dispositivo cibernético. Pero esta emergencia, en lugar de extraer de la sombra la idea de bucle generativo, por el contrario, la ha sumergido todavía más profundamente.

En efecto, la idea de bucle se encuentra transportada de este modo a la idea informacional: es un dispositivo de eliminación de la desviación por corrección de error. Efectivamente, en los artefactos cibernéticos no hay más bucle que el informacional. Ahora bien, esta visión oculta el carácter primordial del bucle y rompe lo que éste comporta de actividad totalizante e integrativa. Es pues superficial y atomizante. Es preciso pues profundizar y desatomizar la idea de bucle, lo que necesita, una vez más, una inversión de perspectiva: el bucle no procede de una entidad llamada «información»; el bucle precede genealógicamente a la información. Es preciso introducir la información en el bucle y no estrechar el bucle en la información.

Recapitulemos los caracteres organizacionales del bucle retroactivo. Decir que es genésico es decir que transforma los procesos turbulentos, desordenados, dispersos o antagonistas en una organización activa. *Opera el paso de la termodinámica del desorden a la dinámica de la organización*. Las interacciones se vuelven retroactivas, secuencias divergentes o antagonistas dan nacimiento a un ser nuevo, activo, que continuará su existencia en y por el buclaje. El bucle retroactivo hace circulares los procesos irreversibles, que no dejan de ser irreversibles, pero que no adquieren forma organizacional; por ello, transforma el disparate en concéntrico. Así, el bucle se vuelve generativo permanentemente, uniendo y asociando en organización lo que de otro modo sería divergente y dispersivo.

A este nivel, la idea de bucle retroactivo se confunde con la idea de totalidad activa, puesto que articula en un *todo*, de forma ininterrumpida, elementos/eventos que, abandonados a sí mismos, desintegrarían ese todo. Así, la totalidad activa significa la inmanen-

cia y la sobredeterminación del proceso total en y sobre cada proceso particular. El buclaje es, por ello mismo, la constitución permanentemente renovada de una totalidad sistémica, cuya doble y recíproca cualidad emergente es la producción del todo por el todo (generatividad) y el reforzamiento del todo por el todo (regulación). En efecto, el buclaje del todo sobre el todo efectúa por sí mismo la regulación, reabsorbiendo en forma de oscilaciones y fluctuaciones las desviaciones que provocan perturbaciones y *alea*. De este modo, en un sistema práxico distinto de la máquina artificial (que sólo es práctica en la organización de su funcionamiento y no en la generación de su ser), toda totalidad toma necesariamente la forma de bucle retroactivo.

Tal totalidad puede comportar, en su seno, otros bucles retroactivos que ella genera y regenera al mismo tiempo que éstos la generan y regeneran. Así, la forma verdadera de un ser vivo no es talmente la arquitectónica de un edificio de componentes, es la de un multiproceso retroactivo que se embucle sobre sí mismo a partir de múltiples y diversos bucles (circulación de la sangre, del aire, de las hormonas, de la alimentación, de los influjos nerviosos, etc.). Cada uno de estos bucles genera y regenera al otro. El bucle global es producto, al mismo tiempo que productor, de esos bucles especiales. Aquí se impone la idea de recursión.

### La recursión

La idea de bucle no significa solamente refuerzo retroactivo del proceso sobre sí mismo. Significa que el final del proceso nutre su principio, por la vuelta del estado final del circuito sobre y en el estado inicial: el estado final se convierte de alguna manera en inicial, aunque sigue siendo final, y el estado inicial se convierte en final, aunque sigue siendo inicial. Lo que significa decir al mismo tiempo que el bucle es un proceso en que los productos y los efectos últimos se convierten en elementos y caracteres primeros. Este es un proceso recursivo: *todo proceso cuyos estados o efectos finales producen los estados o las causas iniciales*.

Defino, pues, aquí como recursivo todo proceso por el que una organización activa produce los elementos y efectos que son necesarios para su propia generación o existencia, proceso en circuito por el que el producto o efecto último se convierte en elemento primero y causa primera. Parece, pues, que la noción de bucle es mucho más que retroactiva: *es recursiva*.

La idea de recursión no suplanta a la idea de retroacción. Le da algo más que un fundamento organizacional. Aporta una dimensión lógica totalmente fundamental para la organización activa. En efecto, la idea de recursión, en términos de praxis organizacional, significa lógicamente *producción-de-sí y re-generación*. Es el fundamento

lógico de la generatividad. Dicho de otra forma, recursividad, generatividad, producción-de-sí, re-generación y (en consecuencia) reorganización son otros tantos aspectos del mismo fenómeno central.

La idea de recursión refuerza y aclara la idea de totalidad activa. Significa que aisladamente nada es generativo (ni siquiera un «programa»); es el proceso en su totalidad lo que es generativo a condición de que se embucle sobre sí mismo. Al mismo tiempo, la acción total depende de la de cada momento o elemento particular, lo cual disipa toda idea brumosa o mística de la totalidad.

La idea de organización recursiva va a adquirir un desarrollo completamente remarcable en la organización geno-fenomenica propia de la vida, como se verá en el tomo II. Aquí hay que indicar solamente que el concepto de recursión será el concepto solar respecto al cual el concepto de retroacción será derivado y satelizado. Lo cual significa que el planeta wieneriano, que parece sol, debe ser concebido en función del esclarecimiento foersteriano. Se debe a von Foerster el haber puesto en el centro de los procesos auto-organizadores (vivos) la idea recursiva. Pretendo mostrar que se la puede encontrar ya en el nivel de organización-de-sí, de reorganización permanente, de producción-de-sí. Es decir, no sólo en el nivel de la organización biológica, sino ya en el nivel de la organización de los seres-máquina físicos, no artificiales.

Producción-de-sí: el término significa que es el proceso retroactivo/recursivo el que produce el sistema, y que lo produce sin discontinuidad, en un recomenzamiento ininterrumpido que se confunde con su existencia.

Regeneración: este término significa que el sistema, como todo sistema que trabaja, produce un incremento de entropía, luego tiende a degenerar, luego necesita generatividad para regenerarse. Desde este ángulo, la producción-de-sí permanente es una regeneración permanente.

Reorganización permanente: mientras que el término regeneración adquiere sentido en función de la generatividad, el término reorganización adquiere sentido en relación con la desorganización que trabaja el sistema permanentemente: a partir de ahí, la organización fenomenica del ser mismo necesita una reorganización permanente. Es en este nivel de reorganización permanente en el que voy a considerar ahora lo que constituye la permanencia y la constancia de un ser dotado de organización activa.

### Morfostasis y reorganización permanente

Allí donde hay bucle recursivo, no hay nada que esté fuera del flujo, de la degradación, de la renovación. La organización misma

está constituida por elementos que están en tránsito; es atravesada por el flujo, la degradación, la renovación. La maravilla, la paradoja, el problema es que esta actividad permanente y generalizada produzca estados estacionarios, que el *turnover* ininterrumpido produzca formas constantes, que el devenir sin tregua cree al ser. Como vamos a ver, las organizaciones recursivas son organizaciones que, en y por el desequilibrio, en y por la inestabilidad, en y por el incremento de entropía, producen estados estacionarios, homeostasis, es decir, cierta forma de equilibrio, cierta forma de estabilidad, cierta forma de constancia, una verdadera morfostasis.

### El estado estacionario

La constancia de la llama de una vela, de la forma de un remolino, de la morfología de una estrella, la homeostasis de una célula o de un organismo vivo son inseparables de un desequilibrio termodinámico, es decir, de un flujo de energía que los recorre. El flujo, en lugar de destruir el sistema, lo alimenta, contribuye necesariamente a su existencia y a su organización. Más aún, la detención del flujo entraña la degradación y la ruina del sistema.

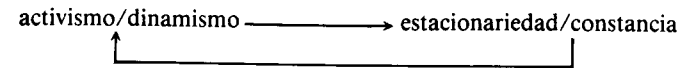
Se trata pues de considerar estos estados que se equilibran en el desequilibrio; que, compuestos de elementos inestables, son globalmente estables; que, recorridos por flujos, son constantes en su forma. El término *steady state*, o estado estacionario de no-equilibrio, los define. A partir de ahí se plantea el problema organizacional: ¿cómo se unen estas formas y estos estados estacionarios al cambio y al movimiento?

Ya es muy remarcable que haya estado estacionario, aunque haya desequilibrio, inestabilidad, movimiento, cambio; es totalmente admirable que haya estado estacionado *porque* hay desequilibrio, inestabilidades, movimiento, cambio.

La invarianza relativa de las formas del sistema depende, en efecto, del *turnover* de sus elementos constitutivos. Así pues, hay que concebir que la permanencia del movimiento mantiene la organización de la permanencia de las formas y que esta organización mantiene el movimiento. A partir de ahora aparece una relación recursiva entre la organización y la renovación de los constituyentes, incluidos los constituyentes de esta organización misma. De ahí nace y se mantiene el estado primario de toda organización activa: el estado estacionario.

El sistema activo sólo puede ser estabilizado por la acción. El cambio asegura la constancia. La constancia asegura el cambio. Toda organización de la constancia está abocada a asegurar la renovación, la cual asegura la constancia. Los dos caracteres antinómicos activismo/invarianza por una parte, estacionariedad/constancia

por la otra, no sólo son concurrentes entre sí, sino que se coproducen mutuamente.



Esta idea es completamente visible en el remolino, donde se confunden la forma fenoménica y el bucle generativo: es lo constante lo que al mismo tiempo está en movimiento. El movimiento recursivo es lo que transforma el desagüe dinámico de un flujo en circuito de forma constante, y desde entonces cada uno de los dos términos coproduce al otro. El flujo es la condición del trabajo, que transforma el flujo en organización productiva, no tanto la producción de algún objeto cuanto la producción-de-sí, no tanto la organización de alguna actividad distinta cuanto la organización-de-sí. El flujo alimenta el circuito recursivo que es el del todo organizador-de-sí.

El estado estacionario debe ser concebido como un aspecto clave de la producción-de-sí, y esto en los dos sentidos, el sentido de la producción y el sentido del sí.

En principio, el estado estacionario forma parte de la organización recursiva que lo produce: no sólo es renovado permanentemente, es también necesario para la renovación del proceso recursivo mismo: es necesario que haya una constancia, una permanencia, un *ser* en una palabra, para que exista la organización que alimenta a este ser. El ser, a su manera, mantiene la organización que lo mantiene.

Y aquí el aspecto ontológico del estado estacionario debe ser señalado tanto más cuanto que comúnmente es ignorado. Como una mayonesa bajo el remolino de la batidora, el ser y la existencia adquieren una primera consistencia, bajo el efecto de la recursión, en y por el estado estacionario. En efecto, a partir del desorden, el movimiento generativo produce un orden y un determinismo internos; a partir de la improbabilidad estadística general, produce una probabilidad de existencia local y temporal. Por el mismo movimiento se crean, se sustentan y mantienen recíprocamente, la organización, el ser, la existencia. Ser, en efecto, es permanecer constante en las formas, la organización, la genericidad, es decir, la identidad; el estado estacionario constituye así el estado primario de un ser dotado de una organización activa. Y, en el ser vivo, la homeostasis, complejo de estados estacionarios por el que el organismo mantiene su constancia, se identifica con el ser de este organismo.

En una física atomizada sin concepto de organización, así como sin concepto de ser, el estado estacionario es un estado físico particular. Por el contrario, vemos que en una perspectiva de organización recursiva, ergo generativa, es un ser, dotado de en cuanto-a-sí, el que se forma y se hace firme en y por el estado estacionario.

La dinámica estacionaria:  
meta-desequilibrio, meta-inestabilidad

En estas condiciones, no se pueden oponer como alternativas simples equilibrio/desequilibrio, estabilidad/inestabilidad: es preciso englobar y sobrepasar, a la vez, estos términos que se convierten en complementarios sin dejar de ser antagonistas.

En efecto, ni la noción termodinámica (ausencia de flujo) ni la noción mecánica (estado de reposo resultante de la igualdad de las fuerzas antagonistas) de equilibrio, ni la noción de desequilibrio son pertinentes aisladamente para la inteligencia del *steady state* y, sin embargo, cada una puede aportar una parte de verdad a condición de que se hable de *meta-desequilibrio*. En esta noción equilibrio y desequilibrio se asocian de manera complementaria (puesto que el desequilibrio es necesario para la reequilibración siempre reiniciada del estado estacionario), pero siguen siendo antagonistas. La idea de meta-desequilibrio es una idea activa; es la desequilibración/re-equilibración, desequilibrio compensado o recuperado, la dinámica de reequilibración.

A la complejización de la relación equilibrio/desequilibrio, hay que añadir la complejización de la relación estabilidad/inestabilidad. La idea de estabilidad comporta ya en sí no sólo el mantenimiento de un estado definido, sino también la propiedad de retomar este estado después de pequeñas perturbaciones. En este sentido, se puede considerar el *steady state* como un estado de estabilidad, que soporta variaciones y oscilaciones. Pero es olvidar que en el *steady state* el retorno al estado estable no es el retorno al reposo, sino el producto de la actividad. Es olvidar sobre todo que el *steady state* comporta la inestabilidad como virtud original. Lo hemos visto: el desequilibrio y la inestabilidad son genésicos, la organización activa lleva en sí de manera indeleble la marca de este origen; ha nacido de las turbulencias, choques, rupturas, antagonismos. Este rasgo genésico se ha convertido en genérico: los soles, los remolinos, los torbellinos contienen en sí el afrontamiento del que han nacido.

En su origen, en su existencia, en su permanencia, los estados estacionarios de los seres-máquina llevan en sí, como factor fundamental de su orden y de su organización, un factor fundamental de desorden y de desorganización.

De este modo, el *steady state* nace de una inestabilidad, se mantiene a través de las inestabilidades, reconstituye sin tregua una estabilidad global más allá de la inestabilidad. Hubiéramos podido hablar de meta-estabilidad si el término no tuviera ya un empleo físico circunscrito. La idea de ultra-estabilidad (Ashby, 1956) pro-

puesta para expresar la propiedad de un sistema de mantener su estabilidad en unas condiciones de *stress* que normalmente deberían suprimirla, aquí sería integrable, pero insuficiente. Es necesaria una noción que indique que la estabilidad nueva ya no es una verdadera inestabilidad ni una verdadera estabilidad: de ahí la idea que yo sugiero, de meta-inestabilidad, que se integra en la idea de dinamismo estacionario<sup>1</sup>.

Lo que aquí se ha dicho vale *a fortiori* para el ser vivo en el que más allá del equilibrio y del desequilibrio, de la estabilidad y de la inestabilidad, se efectúan la unidad del ser y del movimiento en este estado seguro y frágil, constante y fluctuante: la vida.

Así pues, para concebir toda organización activa, toda máquina natural, hay que emparejar de forma central las ideas de equilibrio y de desequilibrio, de estabilidad y de inestabilidad, de dinamismo y de constancia; pero este emparejamiento debe ser concebido como *buclaje*, es decir, relación recursiva entre términos que forman un circuito donde lo que es generado genera a su vez lo que le genera.

#### La idea de regulación

La idea de regulación aparece en el universo de las máquinas artificiales con la cibernética; es la introducción de dispositivos informacionales que operan una retroacción negativa por detección y anulación del error. Desde ese momento parece una de las propiedades de la organización propiamente informacional. Sin embargo, se había remarcado que existían dispositivos de retroacción negativa sobre máquinas precibernéticas (como el dispositivo de bolas de la máquina de vapor). No obstante, no se sacó la consecuencia teórica de que la regulación precede a la información. Ahora bien, no hay que fundar la regulación sobre la información, sino sobre el bucle recursivo; ésta no es un dispositivo que perfeccione el automatismo, la eficacia, la fiabilidad de las máquinas, es generativa de la existencia misma del ser. Así pues, hay que poner de relieve que:

- los seres-máquina naturales no pueden existir sin regulación y la regulación es uno de los caracteres propios de la retroacción recursiva del todo sobre el todo;
- las arque-máquinas y las máquinas salvajes no comportan un dispositivo específico de la desviación y del error.

El bucle retroactivo no es pues, fundamentalmente, el resultado o el efecto del dispositivo informacional de corrección de error; es

<sup>1</sup> Así, la organización reequilibradora, reestabilizadora, reacciona sin cesar ante las perturbaciones que sobrevienen del exterior (variaciones en los flujos, las fuerzas, las presiones) y del interior (tendencia a la dispersión y a la desintegración), y su reacción se manifiesta en pequeñas fluctuaciones que a la vez expresan (desviación) y corrigen (vuelta a la norma) las perturbaciones sufridas.

el bucle retroactivo lo que es fundamental y el dispositivo informacional corrector es un desarrollo propio del fenómeno vivo, que resurge de forma solamente reguladora en el estadio cibernético de las máquinas artificiales.

Como se ha visto, la regulación espontánea de la estrella, fruto de dos procesos antagonistas, se confunde con el bucle retroactivo de un todo formidablemente complejo. En lo que concierne a nuestro sol, esta regulación comporta enormes pulsaciones de amplitudes muy vastas, de sobresaltos, de paroxismos. Comporta turbulencias terroríficas en la fotosfera. Comporta desórdenes enormes. Lo remarcable no es tanto el carácter grosero de tal regulación, amenazada por enormes desórdenes que pueden hacer explotar la estrella en su recorrido, como nos lo indican las partículas del sol que siembran aquí y allá el mapa del cielo. Lo remarcable es que tal regulación, sólo espontánea, soporte y supere esos desórdenes. Una vez más, lo que hemos omitido admirar en el mundo, no sólo biológico y antro-po-social sino también físico, es la virtud espontaneísta de la organización-de-sí.

Estamos demasiado habituados a buscar y a encontrar la regulación en un dispositivo de corrección de errores y no en la *poiesis* en la que el juego de solidaridades y antagonismos forma bucle. Pues la totalidad activa no es, repitámoslo, una transcendencia que invade las partes, sino el conjunto de las inter-retroacciones entre partes y todo, todo y partes.

Así, toda organización activa comporta necesariamente una regulación, en el sentido de que la retroacción del bucle (o circuito recursivo global) tiende a anular las desviaciones y perturbaciones que aparecen en relación al proceso total y a su organización; también esta retroacción del todo puede ser llamada *negativa*.

Está claro que hay una distancia prodigiosa entre las regulaciones espontáneas de la gran caldera solar, indistintas de la producción y reorganización-de-sí, donde el que calienta, lo que calienta y lo calentado son lo *mismo*, y la regulación de la caldera de calefacción central con termostato, que sólo concierne al funcionamiento de la máquina.

No obstante, incluso en este caso en que es muy circunscrita y aparentemente muy sencilla, la regulación es mucho más que la corrección de una desviación propia de un dispositivo *sui generis*, aunque sólo sea porque la introducción de este dispositivo entraña la creación de un bucle, no sólo entre «salidas» y «entradas» de la caldera, sino entre éstas y las entidades de su entorno.

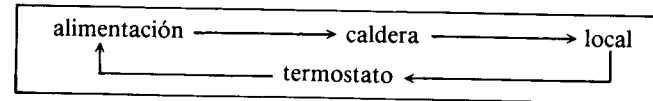
Consideremos en primer lugar, una caldera sin termostato. Ésta corresponde a una organización aparentemente atomística de la calefacción en que están implicadas tres entidades distintas:

alimentación → caldera → local a calentar

De hecho, entre estas tres entidades no sólo hay flujo y transformación de energía, sino ajustes y regulaciones, siendo efectuados éstos por seres humanos.

La introducción de un termostato, digamos en el local a calentar<sup>1</sup>, constituye la introducción de un dispositivo de regulación en las relaciones entre alimentación/caldera/local. El termostato establece una medida y fija una norma. Por la temperatura mide el calor producido en el local, y cuando esta temperatura baja por debajo del grado requerido, la información inscrita de este modo se convierte en una señal que desencadena e incrementa la combustión hasta que la norma se restablezca.

Ahora bien, la introducción de este dispositivo de retroacción crea de hecho un metasistema de tipo nuevo con respecto a las antiguas interrelaciones entre las tres entidades: el caudal de alimentación, la combustión en la caldera, la temperatura del local se han vuelto automáticamente interdependientes en el seno de una nueva totalidad retroactiva dotada de cualidades propias. El bucle no está solamente entre las «informaciones de salidas» (*output*) que retroalimentan (*feed-back*: retroalimentar) a las «informaciones de entrada» (*input*). El bucle está de ahora en adelante entre la alimentación, la caldera, el local, *via* la comunicación de informaciones. Ya no hay sólo la máquina caldera, lo que hay es la constitución de un ciclo maquinal más vasto que engloba la alimentación y el local. El bucle constituye, en suma, una organización recursiva que se genera por sí misma y se desvanece cuando se para. A partir de ahí, el bucle retroactivo comporta y aporta las propiedades organizacionales siguientes:



- la organización y el mantenimiento de un estado estacionario;
- la organización duradera de un estado improbable, por modificación del juego probable de las causas y los efectos (siendo la probabilidad, a corto plazo, la combustión intertemperante y, a largo plazo, la homogeneización de las temperaturas exterior e interior);
- la organización de un trabajo antagonista a la homogeneización de las temperaturas, que crea y organiza una heterogeneidad térmica;

<sup>1</sup> Podría limitarme al termostato fijado sobre la caldera misma, que regula la calefacción según la temperatura del agua en la salida, pero la integración de lo local, sin modificar en nada la naturaleza del ejemplo, lo hace más ilustrativo.

- el establecimiento de un determinismo interno que se opone a los *alea* y perturbaciones de origen interno y externo, particularmente la conjuración de los peligros (incendiarios, explosivos) de recalentamiento y de los peligros (hielo, etc.) de subcalentamiento;
- el sometimiento a una norma, a un fin (cfr., más adelante, capítulo IV de esta parte).

De este modo, la retroacción negativa no es exactamente un añadido que aporte el *finish* de la corrección, y la regulación no es más que una simple aportación de regularidad. No es solamente la organización de la eficacia y de la precisión automática en un funcionamiento. Es la constitución de una totalidad retroactiva que se encuentra dotada de propiedades organizacionales propias. ¡Se trata incluso de un bucle generador! Pero este bucle generador no es generador más que de esta totalidad retroactiva. No es generador ni del ser de la caldera, ni de la constitución del local, ni del sistema de alimentación, ni de la fabricación del termostato. Este bucle es fenoménico, pues, en relación a los objetos generados por la megamáquina antro-po-social.

Aquí estalla la diferencia con la regulación propia del organismo vivo u homeostasis. Como en el caso del sol, con la diferencia de que en adelante existen órganos funcionales y dispositivos informacionales, lo que calienta, el que calienta y lo calentado son el mismo. Para el ser vivo, como para el ser solar, existir y funcionar son no separables y la regulación concierne a la existencia. La máquina artificial puede dejar de funcionar sin desintegrarse enseguida. Las otras máquinas no. La regulación es pues un aspecto de la producción-de-sí. Es el rostro negativo de ésta, es decir, el que anula las perturbaciones y las desviaciones.

#### La homeostasis.

La homeostasis había sido reconocida acertadamente por Cannon (Cannon, 1932) como el conjunto de los procesos orgánicos que actúan para mantener el estado estacionario (*steady state*) del organismo, en su morfología y en sus condiciones interiores, a despecho de las perturbaciones exteriores. La idea cibernética de retroacción negativa por dispositivo informacional pareció aportar en los años 50 la infraestructura organizacional de la homeostasis. No aportaba, de hecho, más que la estructura superficial.

Y es que hay que concebir la homeostasis en su plenitud. Ésta no está limitada o subordinada al mantenimiento de una temperatura constante (que no concierne más que a los animales homotérmicos). Corresponde al mantenimiento de todas las constantes internas de un organismo: presión, pH, poseedor de sustancias variadas; son igualmente homeostáticos los procesos inmunológicos por los

que el organismo rechaza lo que detecta como extraño. A partir de ahora, se ve que la homeostasis, y por ende el complejo de retroacciones negativas que la mantienen, concierne no sólo al mantenimiento de la constancia de un medio interior, sino a la existencia íntegra del ser vivo. A su manera, Claude Bernard había percibido que «la unidad de las condiciones de vida en el medio interno» se confunde con la vida misma, puesto que para él ésta era la única meta de «los mecanismos vitales, por variados que sean» (Claude Bernard, 1865).

Aquí reaparece la línea de fallo que separa radicalmente la máquina artificial de la máquina viva. En efecto, una máquina artificial no regulada puede continuar existiendo eventualmente, aun cuando ya no pueda funcionar, mientras que un ser vivo sin homeostasis, es decir, privado de su complejo de retroacciones reguladoras, se desintegra en tanto que máquina y en tanto que ser. La diferencia entre la homeostasis viva y la regulación de máquina artificial revela dos niveles de diferencia organizacional. Primer nivel, la máquina artificial resiste a la degeneración por la calidad física de los materiales de los que está constituida; estos elementos están escogidos y trabajados para disponer de un máximo de fiabilidad, robustez, duración. Por el contrario, «el organismo constituido de materiales muy poco fiables», caracterizados por su extremada inconstancia e inestabilidad, «mantiene su constancia en condiciones que razonablemente deberían perturbarla profundamente» (Cannon, 1932). Más aún, sabemos que el organismo está en hemorragia ininterrumpida; sus moléculas se degradan sin cesar, sus células degeneran y son refabricadas, reemplazadas. De ahí una primera diferencia radical. La resistencia *fundamental* de la máquina artificial a la corrupción se efectúa por la calidad de constituyentes *no cambiantes*; la resistencia de la máquina viva se efectúa por un *turnover* organizacional que opera el cambio y el reemplazo de todos los constituyentes. La regulación de una máquina artificial no concierne más que al funcionamiento de la máquina. La homeostasis de la máquina viva está unida a sus procesos fundamentales de reorganización existencial.

Wiener decía que la homeostasis es la «conjunción de los procesos por los que nosotros, los seres vivos, resistimos a la corriente general de corrupción y de degeneración» (N. Wiener, 1950; *in* Wiener, 1962, pág. 260). Hay que ir más lejos y decir que esta resistencia es la otra cara de la producción de nuestra existencia.

Aquí nos aparece el segundo nivel de la diferencia entre las máquinas artificiales y las máquinas vivas. Los productos y las realizaciones de la máquina artificial le son exteriores. La máquina artificial no produce sus propios constituyentes, no se produce a sí misma. Ahora bien, la máquina viva está destinada a la fabricación de sus propios constituyentes y a su reorganización. Esta acción



autoproductora y reorganizadora es permanente y total (conciene al todo del ser vivo y a casi todos sus constituyentes). Vemos pues que vivir es, a la vez, proceso de corrupción/desorganización y proceso de fabricación/reorganización. O mejor: estos dos procesos contrarios son indisolubles. La homeostasis es su vínculo activo. Está constituida por el conjunto de las retroacciones correctoras, reguladoras, por las que la degradación desencadena la producción, la desorganización desencadena la reorganización.

La homeostasis deviene, pues, inseparable de la auto-producción permanente, de la auto-reorganización permanente del ser vivo. Como veremos ampliamente en el tomo II, la organización de la vida (u organización geno-fenómica) es de hecho un acoplamiento recursivo entre una organización generativa y una organización fenoménica, la de la existencia individual *hic et nunc*. La homeostasis es lo propio de la organización fenoménica; a este respecto depende del principio generativo de organización/reorganización a partir del cual se constituye y se reconstituye sin cesar. Pero, a su vez, la homeostasis deviene necesaria para la acción generativa que la constituye. Encontramos una vez más aquí, de forma complejizada, pero siempre fundamental, el circuito de la recursión: *la organización de la regulación debe ser regulada por la regulación que ella crea*. La regulación viva comporta, pues, una regulación recursiva del regulante por el regulado. En otros términos, la homeostasis, bucle dentro de un bucle, regenera el bucle que la genera. Así, los genes producen y hacen existir organismos que los producen y los hacen existir<sup>1</sup>.

#### De la regulación a la regularidad operacional

Todo bucle recursivo tiene un carácter de recomienzo, de reiteración, de repetición. Toda regulación tiene un carácter de regularidad. La noción trivial de «maquinal» que nos ha llegado de las máquinas artificiales, corresponde a estos rasgos secundarios: repetición y regularidad. Las máquinas artificiales se fundaron en esta maquinalidad para sus automatismos de repetición, conformes a la naturaleza misma de la producción industrial. Pero han perdido la *poiesis*. Es en las máquinas vivas donde se han desarrollado ciclos y circuitos regulares internos, que evocan fabulosas fábricas automáticas, pero que no alteran las aptitudes estratégicas, inventivas y creadoras del todo en tanto que todo.

<sup>1</sup> En el tomo II veremos ampliamente lo compleja que es la relación entre lo generativo y lo fenoménico, pues, desde luego, lo que es fenoménico participa de la generatividad y lo que es generativo participa de la fenomenalidad. Estos términos están absolutamente confundidos en el remolino, por ejemplo: con la mirada, se puede ver en el circuito espiral, o bien el bucle generativo mismo, o bien la forma fenoménica, o bien la forma organizadora, y los tres puntos de vista son correctos, puesto que conciernen a tres aspectos indistintos de la misma forma.

#### La reorganización permanente

El paradigma de la máquina artificial, sobredeterminado por el paradigma de simplificación, disocia la idea de regulación y la idea de existencia, la idea de bucle y la idea de generatividad, la idea de retroacción y la idea de totalidad.

Efectivamente, la máquina artificial es un ser totalmente disociado entre su funcionamiento y su constitución. Lo que es activo en el artefacto es el funcionamiento; lo que está empujado y regulado es el funcionamiento. Por el contrario, el ser de la máquina existe sin el bucle, sin la regulación, sin el funcionamiento. Pero, si ya no hay funcionamiento posible, este ser deja de ser máquina y se convierte en cosa.

La extrapolación del modelo cibernético artificial sobre la máquina viva ha permitido concebir la homeostasis como regulación informacional por retroacción negativa, pero la homeostasis ha sido concebida superficialmente como cualidad o finalidad. Ahora bien, es preciso concebirla en función de la generatividad, en la que aparece como el carácter fenoménico de base de una organización productora, regeneradora, reorganizadora-de-sí.

Así, para los seres vivos al igual que para los soles, torbellinos, remolinos o llamas, lo que es estacionario, constante, regulado, homeostático es indisoluble de lo que es ser, existencia, producción, regeneración, reorganización-de-sí.

Cuando se quiere definir el carácter específico de la organización de todo ser-máquina, salvo la artificial, entonces resulta que esta organización no sólo es íntegramente activa, totalmente retroactiva y fundamentalmente recursiva, sino que también es siempre *re-organización*. La reorganización es el semblante propiamente organizacional del bucle recursivo. Es sorprendente que la idea de reorganización permanente no haya sido elaborada hasta hace muy poco tiempo y, que yo sepa, solamente por Atlan (Atlan, 1972 *b*), a partir del descubrimiento del papel organizacional del «ruido».

Y, sin embargo, es una idea a la que se llega por múltiples avenidas. El itinerario más sencillo es, una vez más, éste: toda organización activa trabaja, luego produce calor, luego desorden que necesariamente altera tarde o temprano los componentes de la máquina, luego necesariamente subproduce usura, degradación, desorganización. De ahí la necesidad de reorganizar que una máquina organizadora de sí tiene. Ahora bien, este problema no podía sino quedar oculto en la máquina artificial que es regenerada desde el exterior por renovación, reparación y cambio de sus piezas. No hay, pues, regeneración-de-sí. No hay, pues, reorganización intrínseca.

Ahora bien, la reorganización es una necesidad fundamental de la organización activa, hasta el punto de que esta organización se confunde con la reorganización. Esta reorganización es permanente, porque la desorganización es permanente en sí misma.

De este modo, entrevemos el vínculo necesario y activo entre lo *meta* (meta-desequilibrio, meta-inestabilidad), lo *retro* (las retroacciones organizadoras y la retroacción del todo sobre las partes), lo *re* (la recursión permanente y la reorganización permanente).

La reorganización permanente comporta en sí una recursividad al infinito; la organización, como hemos visto en los casos ejemplares del remolino, del sol, del ser vivo, sufre ella misma la desorganización; la organización debe, pues, reorganizarse; como la organización es ya por sí misma reorganización, la reorganización es también *reorganización de la reorganización*.

Inseparable de la recursión permanente, la reorganización permanente es al mismo tiempo inseparable de la producción-de-sí permanente, es decir, de la producción siempre recomenzada del proceso por sí mismo y, de este modo, del ser-máquina por su propio proceso.

Aquí la reorganización permanente se desprende como la idea-placa giratoria entre lo que es generativo (el bucle recursivo) y lo que es fenoménico (el ser, el existente singular, individual).

Así pues, *los seres-máquina producen su propia existencia en y por la reorganización permanente*. Digámoslo de otro modo: en toda organización activa, en todo sistema práxico, las actividades organizacionales son también reorganizacionales y las actividades reorganizacionales son también actividades de producción de sí, las cuales son evidentemente de regeneración. Los términos están también en una relación recursiva los unos respecto de los otros, se generan unos a otros en un circuito interrumpido solamente por la destrucción y la muerte.

Así pues, *la idea clave* o más bien *clave de bucle que tiene el semblante fenoménico de la retroacción y el generativo de la recursión*, es de una importancia crucial. Une morfogénesis y morfostasis; une el nacimiento, la existencia, la autonomía de todos los seres-máquina. Las máquinas artificiales no tienen su propio bucle generativo, sino que son integradas y arrastradas por la reorganización permanente, la producción-de-sí, el movimiento recursivo de las megamáquinas antroposociales de la era industrial...

## 2. LA APERTURA

Sólo lo insuficiente es productivo  
H. KEYSERLING

*De la apertura termodinámica a la apertura organizacional,  
de la apertura organizacional a la apertura existencial*

Del sistema abierto a la apertura organizacional

La termodinámica opone el sistema abierto (que comporta intercambios materiales-energéticos con el exterior), al sistema aislado (que no comporta intercambios materiales-energéticos con el exterior) y al sistema cerrado (en el cual puede haber intercambio de energía, pero no de materia con el exterior, como el caso de la tierra que recibe energía solar bajo la forma de radiación). La distinción entre sistema aislado y sistema cerrado es inútil para mi propósito (que es considerar la termodinámica desde el punto de vista de una teoría de la organización y no la organización desde el de la teoría termodinámica); me limitaré a oponer la noción de apertura (energético-material) a la de cerramiento (energético-material).

La idea de sistema permaneció como una envoltura blanda hasta von Bertalanffy; la idea de sistema abierto permaneció encerrada en la termodinámica hasta Cannon quien, elaborando la noción de homeóstasis definió los seres vivos superiores (inútil limitación) como sistemas abiertos que presentan numerosas relaciones con el entorno» (Cannon, 1932). Pero fue necesario von Bertalanffy para definir por principio como sistemas abiertos a los organismos vivos, precisamente porque estos tienen una necesidad vital de extraer materia-energía de su entorno. A partir de aquí, la termodinámica y la organización viva se encontraron más que ligadas, aparentemente reconciliadas: si la organización viva en lugar de aumentar su entropía, es decir, desintegrarse, se mantiene e incluso se desarrolla, se debe a que extrae materia y energía sin interrupción de su entorno. A partir de aquí se forma una vulgata en la línea de la teoría de los sistemas donde la deficiencia de los seres vivos como sistemas abiertos parece resolver el problema planteado por el segundo principio y unir de manera armónica termodinámica y organismo. Pero se había olvidado que la noción de sistema abierto planteaba problemas previos.

Apertura y organización activa

Se define corrientemente de forma exterior y behaviorista el sistema abierto, como sistema que comporta entrada-importación (*in-*

*put*) y salida exportación (*output*) de materia-energía. Una definición tal pone entre paréntesis lo que pasa entre entrada y salida: hay *black-out* sobre la actividad organizacional del sistema, y el cual, por lo demás, es abiertamente considerado como *black-box*.

Hay que considerar, pues, el carácter organizacional de la apertura. Entradas y salidas van unidas a una actividad organizacional, a una organización activa, lo que equivale a decir transformadora y productiva. La apertura es lo que permite los intercambios energéticos necesarios a las producciones y transformaciones. Además, todo bucle generador, toda producción de estados estacionario o de homeostasis necesita el flujo energético, por tanto, la apertura.

La apertura aparece así como un rasgo necesario entre los rasgos interrelacionados y solidarios, cuya constelación permite definir los seres-máquina. Parece, por tanto, que no se puede definir los «sistemas abiertos» solamente por la apertura. Sería incluso mutilante reabsorber los rasgos múltiples y diversos del ser máquina en la sola apertura y en la noción vaga y abstracta del sistema. La apertura no es un carácter secundario: es fundamental y vital, puesto que es necesaria no sólo para el funcionamiento, sino también para la existencia, de todos los seres-máquina, salvo los artificiales.

Así, la división decisiva no es aquí abierto-cerrado. Es activo-no activo. Efectivamente, la integridad de un sistema no activo va unida a la ausencia de intercambios con el exterior; la organización protege su ser físico y su capital energético en el inmovilismo, que impide la hemorragia, pero también el abastecimiento.

### Apertura y cerramiento. El vínculo complejo

La oposición principal está entre lo fijo y lo activo, no entre lo abierto y lo cerrado, tanto más cuanto que las nociones de apertura y de cerramiento si bien se oponen, no son repulsivas y deben estar siempre unidas de una cierta manera.

No hay un sistema absolutamente cerrado, no hay un sistema absolutamente abierto. Los sistemas, incluso termodinámicamente cerrados, son «abiertos» desde el punto de vista de las interacciones gravitacionales y electro-magnéticas; en el límite, un sistema absolutamente cerrado, es decir, sin ninguna interacción con el exterior, será por lo mismo un sistema sobre el cual sería imposible obtener la menor información (cfr. parte VII, cap. II, 7). Recíprocamente, los sistemas termodinámicamente abiertos disponen de un cerramiento y recerramiento originales. Concebir la apertura es, pues, concebir el cerramiento que le corresponde.

### La virtud de apertura

Dicho esto, no se trata de olvidar o subestimar la realidad y la importancia de la idea de apertura. Aunque todo sistema cerrado tenga algo de abierto y todo sistema abierto tenga algo de cerrado, aunque un sistema no podría definirse solamente por la apertura, esta apertura, primero energético/material, luego informacional/comunicacional propia de las organizaciones activas, es algo distinto y más elevado que la apertura relacional-interaccional que comporta todo sistema cualquiera que sea. Y es porque va unida a la idea de organización activa, es decir de producción, es decir de máquina, es decir de producción-de-sí, por lo que la apertura es una noción de importancia capital. Aporta una dimensión indispensable a la idea de organización activa y de máquina, a la idea de bucle recursivo. Vamos a ver que la idea de apertura es una idea muy grande y profunda que trasciende la idea de sistema.

Así vamos a hablar aquí no de sistema abierto, sino de apertura sistémica, organizacional y también ontológica, existencial. Vamos a partir de la apertura energético/material, después informacional, pero para asociarla a la organización, al ser, a la existencia. La idea de apertura, por no estar aislada o hipostasiada, no será recortada. Vamos a ver que tomará una radicalidad y una amplitud ignoradas en las teorías del «sistema abierto».

### El reconocimiento de la apertura

La distinción entre sistema abierto y sistema cerrado no es solamente demasiado simple; también oculta lo que en la realidad de los sistemas y sobre todo de los polisistemas comporta, aquí apertura, y allí cerramiento y, aunque la idea de sistema abierto une *ipso facto* a éste con su entorno, corre el riesgo de aislar el sistema abierto en un universo cerrado.

Tenemos que desmontar equívocos para acceder a las complejidades. Vamos a ver que los sistemas pueden aparecernos parcialmente cerrados y abiertos. Que, según el ángulo y el encuadre de la visión, según el sistema de referencia del observador, el mismo sistema puede aparecernos, ya sea cerrado, ya sea abierto.

Así, si se define la apertura de forma solamente behaviorista, en función de las entradas y salidas energético-materiales, las máquinas artificiales son mucho más «abiertas» que los seres-máquina naturales: tienen eventualmente triple *input* (la energía para el trabajo, los materiales a transformar, el programa a ejecutar) y doble o triple *output* (los subproductos y desechos de transformación,

los productos acabados, los mensajes o señales concernientes a su funcionamiento). Por el contrario, un ser vivo, como la bacteria, no exporta productos acabados, no recibe programa exterior, y a este título sería mucho menos «abierto». Ahora bien, una visión tal enmascara el carácter íntegramente abierto de la bacteria, que necesita su alimentación para no descomponerse, mientras que la máquina artificial, por la fijeza de sus ensamblajes, puede ser considerada como sistema cerrado. Puede perdurar días tras día sin ninguna alimentación, por la resistencia de sus componentes y la estabilidad de sus articulaciones fijas. Es decir, que la apertura de la máquina artificial no es más que funcional. Si se la considera solamente en reposo, fuera de toda actividad, la máquina artificial no sólo pierde su virtud de apertura, sino también su cualidad de máquina y deviene una cosa. Se ve, pues, aparecer una distinción capital entre lo que es ontológica y existencialmente abierto, y lo que no es más que funcionalmente abierto. El ser vivo se alimenta de materia/energía no sólo para «trabajar», sino también para existir. Su trabajo es existir, es decir, regenerar sus moléculas, sus células, ergo su ser y su organización, que se degradan sin tregua. El ser vivo no puede nunca dejar de ser abierto, por ninguna parte puede escapar al flujo.

La máquina artificial nos aparece en lo sucesivo, ya sea como sistema parcialmente cerrado (en su constitución), parcialmente abierto (en su funcionamiento), ya sea (en reposo) como ser cerrado potencialmente abrible, o (en actividad) como ser abierto potencialmente cerrable.

Todo cambia aún si se alarga la mirada y ésta considera la máquina artificial en el seno de la megamáquina social que la ha fabricado, la utiliza, la repara. A partir de aquí, el artefacto nos aparece como algo *íntegra, pero pasivamente abierto* en el seno de la organización antro-po-social.

Por consiguiente, una vez más, huyamos de la alternativa simple entre lo cerrado y lo abierto. Aquí la oposición rígida no es solamente insuficiente, también lleva a la confusión (entre máquina viva y máquina natural). De igual forma, la reducción del concepto de apertura al import/export oculta la diferencia radical entre un sistema productor-de-sí y un sistema generado desde el exterior.

Es necesario, por el contrario:

- definir siempre la apertura por su carácter organizacional (y no por el solo import/export);
- distinguir entre apertura: funcional, ontológica, existencial;
- situar el problema en un conjunto y un contexto donde apertura y clausura aparezcan como aspectos y momentos de una realidad a la vez abierta y no abierta.

Veremos que lo abierto se apoya en lo cerrado, se combina con lo cerrado. Una vela no encendida es un sistema cerrado constituido

por un aglomerado de cera y una mecha. Después del encendido, se convierte en el depósito que alimenta al sistema abierto llama, convirtiéndose la mecha en un invariante relativo necesario para la constancia de la llama. Los remolinos adquieren una cierta duración y permanencia cuando se ordenan alrededor de un elemento fijo y estable, es decir, materialmente cerrado, como la piedra o el arco. Así tenemos un relativo «invariante» no activo, pero que informa la acción; no prático, pero que permite la praxis; no productivo, pero en torno al cual el remolino opera su producción-de-sí; no se reorganiza, pero permite la reorganización; no se transforma, pero permite la transformación. Es como la base alrededor de la que gira el bucle generativo. Es *hermético* para con la agitación que le rodea.

Al considerar el conjunto que constituye el sistema solar, incluyendo, claro está, al satélite tierra y al fenómeno vivo, vemos que apertura y cerramiento se entrecambian y se entrecuelven en él. El sistema solar es termodinámicamente un sistema cerrado, pero no aislado con respecto a la galaxia y al cosmos, de los cuales él recibe radiación, ruidos confusos, quizá señales. La vida se inscribe en un ciclo cerrado, la rotación de la tierra alrededor del sol, pero también en ciclos abiertos, que dependen de este ciclo cerrado: los ciclos del agua, del mar a la fuente y de la fuente al mar: ella crea y desarrolla, en tanto que biosfera o totalidad de seres vivos que forman sistemas, ciclos *abierto*s de transformación química (ciclo del oxígeno y del gas carbónico), ciclos de nutrición abiertos (donde, del vegetal al animal y del animal al vegetal, por la devoración, la predación, el parasitismo, la deyección, la descomposición, la vida se nutre de la vida); toda especie es un ciclo periódico *abierto* de reproducción de los individuos; todo individuo comporta en sí ciclos organizacionales abiertos (particularmente, en el caso de los organismos más evolucionados: sangre, respiración, flujo nervioso).

Así pues, hay que insertar la apertura en los complejos polimorfos de máquinas y flujo interrelacionados. Hay que reconocer, además, la apertura, es decir, aislar relativamente la noción. Ahora bien, el remolino y la llama que nos han permitido aislar casi experimentalmente la idea de bucle y la idea de reorganización permanente nos permitirán igualmente aislar la noción de apertura.

### La apertura de entrada y la dependencia ecológica

Desde el punto de vista termodinámico, la estrella, el remolino, el ser vivo son sistemas igualmente abiertos. Desde el punto de vista ecológico están muy desigualmente abiertos.

La estrella es un ser-máquina, totalmente activo, a la vez ontológica, existencial y funcionalmente abierto. No obstante, tiene ese

carácter que la diferencia tanto de los motores salvajes terrestres como de los seres vivos: no se alimenta de su entorno: su entrada material/energética está en su interior. O más bien ante todo se ha «auto-sustraído» a su entorno; su alimento es la sustancia de su ser. *Su input está en lo anterior y en el interior* es la enorme reserva de materia-energía acumulada durante la concentración gravitacional. Así, el flujo que la atraviesa y luego se escapa parte del interior. La estrella consume, por tanto, su capital ontológico hasta el agotamiento. No hay que subestimar la apertura de la estrella porque esté cerrada ecológicamente en la entrada, pero no hay que subestimar este cerramiento porque la estrella es, por otra parte, ontológica/funcionalmente abierta. La estrella, por el hecho de que se nutre de sí misma, dispone por esto de una formidable autonomía, no depende en cada instante de su existencia de un entorno aleatorio. Una vez empujada, no depende ya, salvo casos rarísimos, de perturbaciones externas.

Por el contrario, las máquinas terrestres, del torbellino al ser vivo, del ser vivo al ser social, del ser social a la máquina artificial, son todos funcional y ecológicamente dependientes, todos (salvo los artefactos) existencialmente ecodependientes.

Los torbellinos no son más que bucle y apertura; los flujos que se transforman en bucles siguen siendo flujos y amenazan sin cesar al bucle nacido de sus agitaciones y contrariedades. Estos torbellinos no están protegidos de su entorno por ninguna membrana, están abiertos por todas partes; pero esta apertura por todas partes, es al mismo tiempo su recerramiento por todas partes; es el bucle que es al mismo tiempo apertura y recerramiento permanentes y omnipresentes. Aparentemente, no hay nada más débil que los torbellinos; están en dependencia absoluta de los flujos, son incapaces de la menor transformación química, de la menor producción de objetos. Y, sin embargo, son capaces de producción-de-sí y de reorganización permanente. Son detentadores, en su desnudez extrema, de la generatividad en estado puro. Así, la existencia se teje en la extrema dependencia ecológica, en la apertura generalizada, dado que esta apertura coincide exactamente, en su forma y en su movimiento de bucle, con el recerramiento.

Los seres vivos disponen, en comparación con los remolinos y los torbellinos, de una extraordinaria autonomía de organización y de comportamiento que les permite adaptarse al entorno, incluso adaptar el entorno a ellos y sojuzgarlo. Pero están en la misma dependencia ecológica total que los remolinos, puesto que su abastecimiento incesantemente necesario proviene únicamente de este entorno.

Voy, por consiguiente, a centrarme ahora en esta apertura ecológica, común a todos los existentes terrestres, a los remolinos, a los torbellinos, a nosotros mismos. Son nuestro ser, nuestra

organización y nuestra existencia los que son íntegramente ecodependientes.

Lo que nos permite entrever el doble y rico carácter que tomará la organización viva, sobre todo con el desarrollo de los comportamientos animales: la organización de las interacciones internas y la organización de las interacciones externas van a constituir las dos caras de la auto-eco-organización.

### *La relación ecológica*

#### La autonomía dependiente

La apertura-de-entrada define a la vez una originalidad, una condición de existencia, una viabilidad. Asegura una relación a la vez energética, material, organizacional y existencial con el entorno.

Los seres ecodependientes tienen una doble identidad: una identidad propia que los distingue, una identidad de pertenencia ecológica que los conecta con su entorno. El torbellino forma parte del movimiento de los vientos, a la vez que tiene su identidad propia; el remolino forma parte del río, del cual no es más que un momento y, sin embargo, tiene su individualidad con respecto a la cual el río se convierte en un entorno; pero siendo entorno, el río forma también parte del remolino. Siempre, por algún aspecto, un sistema abierto de entrada forma parte de su entorno, el cual forma parte de dicho sistema puesto que lo penetra, lo atraviesa, lo coproduce.

Mientras que tenemos tendencia a considerar las fronteras esencialmente como líneas de exclusión, la palabra frontera, aquí, revela la unidad de la doble identidad, que es a la vez distinción y pertenencia. La frontera es a la vez apertura y cerramiento. Es en la frontera donde se efectúa la distinción y la unión con el entorno. Toda frontera, incluida la membrana de los seres vivos, incluida la frontera de las naciones, es al mismo tiempo que barrera, el lugar de la comunicación y del intercambio. Es el lugar de la disociación y de la asociación, de la separación y de la articulación. Es el filtro que a la vez frena y deja pasar. Es aquello por lo que se establecen las corrientes osmóticas y lo que impide la homogeneización.

El entorno no es sólo copresente; es también coorganizador. Consideremos el remolino: ¿Es el flujo del río lo que organiza el remolino alrededor del arco o de la piedra? ¿Es la piedra o el arco lo que organiza el flujo que se ha vuelto torbellinesco? ¿Es el sistema remolino, constituido por el encuentro entre el flujo y la piedra, el que se organiza alrededor de sí? Todo esto a la vez: el flujo, el arco, el proceso torbellinario son coproductores y coorganizadores de una generatividad que, empujándose sobre sí misma, deviene remolino.

El entorno, lejos de reducir su carácter coorganizador, lo acrecienta en el ser vivo. Como se verá, el entorno, devenido ecosiste-

ma, es decir una máquina espontánea nacida de las interacciones entre los seres vivos de un mismo «nicho», es mucho más que una reserva de alimento, más aún que una fuente de neguentropía de donde el ser extrae organización, complejidad, información, es una de las dimensiones de la vida, tan fundamental como la individualidad, la sociedad, el ciclo de las reproducciones.

Así se impone la idea clave: el entorno es constitutivo permanentemente de todos los seres que se alimentan en él; coopera permanentemente con su organización. Estos seres y organizaciones son, por tanto, permanentemente ecodependientes.

Pero, por una paradoja que es lo propio de la relación ecológica, es en esta dependencia donde se teje y constituye la autonomía de esos seres.

*Tales seres no pueden construir y mantener su existencia, su autonomía, su individualidad, su originalidad más que en la relación ecológica, es decir, en y por la dependencia respecto de su entorno; de ahí la idea alfa de todo pensamiento ecologizado: la independencia de un ser vivo necesita su dependencia respecto de su entorno.*

#### La transformación del entorno

Todo ser abierto actúa y/o retroactúa sobre su entorno. Toda actividad productiva tiene efectos múltiples, diversos, complejos, sobre el entorno. La praxis transforma: los exports no son la restitución de los imports; lo que se devuelve no es lo que se había tomado previamente. El exterior se transforma bajo el efecto de las acciones-reacciones, productos y subproductos.

La más prodigiosa de todas las transformaciones del entorno que se pueda concebir es evidentemente la operada por los soles, los cuales, cada uno a partir de una nube gaseosa, crean y continúan creando un universo de una riqueza, de una variedad, de una complejidad inaudita.

La transformación es doble. Un ser máquina puede crear algo mejor organizado, algo organizador, es decir, aportar complejidad y organización en el entorno. Pero, haciendo esto, y necesariamente, arroja energía degradada, subproductos, desechos, y la praxis, más ricamente organizacional, tiende de una cierta manera que puede ser a la vez complementaria, concurrente y antagonista, a reorganizar y desorganizar su entorno.

Así los seres vivos transforman su entorno; autoproduciéndose, alimentan y coproducen su ecosistema a la vez que lo degradan por sus poluciones<sup>1</sup>, predaciones (animales), depredaciones (humanos).

<sup>1</sup> Las composiciones y deyecciones son compensadas por el maná solar que renueva indefinidamente la energía necesaria para la vida, y por la extraordinaria

Vemos, pues, que la apertura ecológica no es una ventana al entorno: la organización así abierta no se encaja en el entorno como la simple parte de un todo. La organización activa y el entorno, aun siendo distintos el uno del otro, están *el uno en el otro*, cada uno a su manera, y sus indisociables interacciones y relaciones mutuas son complementarias, concurrentes y antagonistas. El entorno a la vez nutre y amenaza, hace existir y destruye. La organización misma transforma, poluciona, enriquece. Un bucle retroactivo fenoménico va a unir el ser vivo a su ecosistema: el uno produciendo al otro y recíprocamente, como se verá (t. II, cap. I). Lo que desemboca en un problema de fondo concerniente a la identidad y a la inteligibilidad de todo lo que comporta apertura ecológica.

#### La apertura de la apertura

##### Reapertura

En adelante podemos reconocer la apertura como rasgo esencial de toda organización práxica, de todo ser-máquina, rasgo que toma su amplitud y su radicalidad en los seres y existentes inmersos en un entorno rico y aleatorio, del que dependen para la renovación continua y total de sus componentes. A partir de aquí, el bucle fenoménico que se constituye entre el individuo y su entorno es indisociable del bucle generador, que se nutre de la existencia fenoménica que él produce. La apertura, para los seres terrestres práxicos, es la doble apertura de entrada y salida al entorno aleatorio, placentario, nutridor, enemigo, amenazante, es el intercambio permanente y múltiple con ese entorno, es la organización interna/externa, generativa y fenoménica, unida a ese intercambio, es la dependencia ecológica y es la autonomía del ser individual, es la existencia.

Cada uno a su manera, el remolino y el ser vivo llevan al paroxismo la marca existencial de la apertura.

#### Lo vivo del objeto: el surgimiento de la existencia

La apertura es la existencia. La existencia es a la vez inmersión en un entorno y desvinculamiento relativo respecto de ese entorno. Whitehead ha dicho con fuerza: «No hay ninguna posibilidad de

complejidad de los ecosistemas, que integran la degradación en ciclos regeneradores en que los desechos devienen nuevos alimentos, y lo polutivo se transforma en nutritivo. Y sólo cuando las enormes máquinas antro-po-sociales sobrepasen los umbrales vitales en la explotación y la masacre de los seres vivos, en la deyección de los residuos industriales y los venenos no degradables, la retroacción desintegrativa de la praxis antro-po-social sobre el entorno dominará las retroacciones reorganizadoras naturales.

existencia despegada y autónoma» y, efectivamente, todo lo que existe es dependiente. El existente es el ser que está bajo la dependencia continua de lo que le rodea y/o de lo que le nutre. Pero es necesario, al mismo tiempo, un cierto desapego y una cierta autonomía, es decir, un mínimo de individualidad para existir. Los seres vivos van a desarrollar, de forma necesariamente complementaria (aunque concurrente y antagonista), su autonomía y sus dependencias respecto de su ecosistema: cuanto más complejos sean, más frágiles serán (ya que multiplican sus dependencias ecológicas), más desarrollarán su aptitud para luchar contra esta fragilidad por la estrategia del comportamiento, que se transformará en inteligencia...

La existencia, es la fragilidad: el sistema abierto está cerca de la ruina desde su nacimiento, no puede evitar o diferir esta ruina más que por el dinamismo ininterrumpido de la reorganización permanente y el auxilio de un abastecimiento exterior. Es un *estando* transitivo, incierto, que necesita siempre reexistir y que se desvanece en cuanto cesa de ser alimentado, mantenido, reorganizado, reorganizante... Su existencia no puede más que oscilar entre el equilibrio y el desequilibrio, que uno y otro le desintegran.

Así, un sistema abierto como el remolino o la llama lleva en sí el origen del vivir —la existencia fenoménica asegurada por el intercambio transformador y reorganizador con el entorno— y el origen del morir —la desintegración natural y la dispersión de los componentes. Como en lo vivo, la muerte viene del exterior (la perturbación, el accidente, el agotamiento de los recursos materiales energéticos suministrados por el entorno) y del interior (el desajuste en el proceso reorganizacional).

Vayamos más adelante: allí donde hay apertura, la desorganización es el complemento antagonista de la reorganización. Todo lo que es abierto vive *bajo* la amenaza de muerte y *de* la amenaza de muerte. Dicho de otro modo, *toda existencia se nutre de lo que la corroe*. Esto nos conducirá a la idea heraclitiana capital «vivir de muerte, morir de vida».

«Vivir de muerte, morir de vida» no es el privilegio sólo de los vivos. Las estrellas, ellas, también viven de su muerte y mueren de su vida, puesto que cada instante de existencia contribuye a agotar la reserva de ser que las nutre. Viven de agonía. Son pelícanos celestes que comen sus entrañas en lugar de saquear su entorno. Pero en esto, la fragilidad existencial de la estrella es diferente de la del vivo: viene principalmente del interior, de los llameantes desórdenes y *alea* del fuego, de la furia de los huracanes fotónicos que se precipitan en su seno; en el exterior, la estrella dispone de una seguridad bastante grande y de una cierta independencia respecto de su entorno. La dependencia existencial del ser vivo, es principalmente exterior: sus necesidades vitales y sus riesgos mortales proceden del entorno.

La apertura ecológico/existencial es a la vez la *boca* por la que lo vivo nutre su propia existencia y la *brecha* hemorrágica de su dependencia y de su inacabamiento. La boca es brecha y la brecha es boca. Toda riqueza, desde entonces, está fundada en la insuficiencia, toda satisfacción en la carencia, toda presencia en la ausencia, todo presente en lo imperfecto, quiero decir lo no-perfecto. La consumación, como lo había visto admirablemente Bataille (Bataille, 1949), expresa a la vez la plenitud de la vida y la activación de la muerte. Las verdades de lo existente son siempre incompletas, mutiladas, inciertas, puesto que dependen de lo que está más allá de sus fronteras. Cuanto más autónomo se hace lo existente, más descubre su insuficiencia, más busca los más allá. Y es esto lo que está en el origen de la necesidad, de la inquietud, de la búsqueda, del deseo (que no es una realidad primera surgida de no se sabe dónde, sino una consecuencia de la apertura), del amor: he aquí lo que va a dilatarse, a agravarse, fermentarse, exasperarse en la subjetividad humana, y el misterio de la existencia emergerá plenamente en una de las tendencias últimas de la filosofía bajo el justo nombre de existencialismo.

La noción de sistema abierto concierne pues a lo *vivo del objeto* (y desemboca en lo vivo del sujeto). Concierne siempre a un «ser ahí» (*Dasein*), un «ente» fenoménico, un existente cuya existencia supone (y se opone a) su propio más allá, supone (y se opone a) su propia mortalidad.

Así, el concepto de apertura no es solamente termodinámico/organizacional, es también fenoménico-existencial. Lejos de disolver la existencia, la revela: lejos de encerrarla, se abre sobre la existencia.

Conclusión: la apertura de la apertura

Es remarcable que nosotros, seres abiertos que nos abrimos al mundo por nuestra ciencia, en esta ciencia misma hayamos desarrollado un conocimiento que disocia, aísla, separa y, finalmente, encierra los objetos en sí mismos. Y es que lo que sale de la apertura científica por la que nos esforzamos en conocer el mundo, es al mismo tiempo el brazo de hierro de la experimentación, que arranca quirúrgicamente al objeto de su entorno y de sus adherencias y, por ello mismo, manipula y sojuzga. Y es que las disciplinas se han cerrado sobre los objetos mutilados. ¡De este modo, el conocimiento cerrado por todas partes ha destruido u ocultado las solidaridades, las articulaciones, la ecología de los seres y de los actos, la existencia! De este modo, nos hemos quedado ciegos para con las aperturas, tan cierto es que lo más difícil de percibir es la evidencia que oculta un paradigma dominante.

Aquí hemos abierto ya la noción universal de sistema. Hemos visto igualmente que incluso en los sistemas trivialmente (es decir, sustancial y no organizacionalmente) concebidos como «cerrados», existen siempre interacciones e interrelaciones con otros sistemas y con el entorno: todo sistema cerrado es de alguna manera abierto.

La apertura termodinámica es mucho más radical. Es aún más profunda de lo que habían pensado los descubridores del «sistema abierto». Éstos no habían alcanzado más que los caracteres exteriores del fenómeno (*input/output*, estado estacionario). Habían desvelado, ciertamente, la importancia capital de la relación ecológica, pero sin sacar de ello todas las consecuencias. No habían visto que no se podía dissociar la apertura de la organización activa, y esto no sólo en el nivel del trabajo, de la transformación, de la producción, sino también en el nivel generativo del bucle recursivo, de la producción-de-sí, de la reorganización íntegra y permanente. Y, sobre todo, no habían concebido que la inteligibilidad plena de la apertura requiere un paradigma de complejidad.

La apertura, lo hemos visto, es una noción a la vez organizacional, ecológica, ontológica, existencial. Esta noción, de alcance multidimensional, requiere una reorganización intelectual en cadena.

La apertura es una noción de alcance empírico: permite caracterizar los rasgos fenoménicos propios de la relación ecológica, permite extraer un carácter fundamental inherente a toda organización activa o máquina, permite reconocer el estatuto particular de los existentes ecodependientes.

Es una noción de alcance metodológico: nos incita a investigar, tanto la relación cuanto la distinción con el entorno, más la asociación compleja entre dependencia y autonomía, apertura y cerramiento, que la alternativa entre estos términos; más la reorganización que la organización, más la praxis que la estructura; además, toda concepción de sistema abierto nos conduce a concebir su ecosistema de inscripción y a elaborar un metasistema de referencia.

Es una noción de alcance teórico: por una parte, permite unir la teoría de la organización a la teoría termodinámica de los fenómenos irreversibles y al nacimiento teórico de las formas; por otra parte, da un fundamento físico y organizacional a realidades que van a rebasar la física y la organización: la autonomía y la existencia individual del ser vivo.

Es una noción de alcance lógico: introduce en el principio de inteligibilidad de los seres, la necesidad de unir lo constante y lo cambiante, lo que se mueve y lo estacionario, lo autónomo y lo dependiente; y, sobre todo, mientras que las entidades clásicas se definían por oposición, separación y exclusión, introduce, en el corazón del principio de identidad de lo existente, al tercio excluido: el

entorno. El principio de la relación ecológica abre definitivamente el concepto cerrado de identidad que aísla los objetos en una autosuficiencia, excluyendo de su principio, tanto la alteridad como el entorno. El ser ecodependiente tiene siempre doble identidad, ya que incluye su entorno en lo más íntimo de su principio de identidad. Desarrollaré las consecuencias capitales de esta proposición (tomo II, cap. I) que se alía, de forma compleja (complementaria, antagonista) al recerramiento de la identidad sobre sí misma.

Es una noción de alcance paradigmático: lleva más adelante la ruptura con el paradigma de separación y de aislamiento que ha dominado la física y la metafísica occidentales. El principio de inteligibilidad clásica es alcanzado. En adelante, toda explicación, toda elucidación concierne al ser, a la organización, al comportamiento, a la evolución de los seres abiertos ecodependientes (y esto concierne no solamente a los seres vivos, sino también a las sociedades humanas y a nuestras mismas ideas) no puede aislar o excluir una por la otra, ya sea la lógica interna del sistema, ya sea la lógica externa de la situación (es decir, las condiciones del entorno); hace falta una explicación dialógica y dialéctica que una de forma complementaria, concurrente y antagonista los procesos interiores y exteriores.

Así, la apertura es mucho más que una ventana: es una revolución en el concepto de sistema, el cual es ya una revolución en el concepto de objeto. No sólo porta dinamismo, sino dinamita.

La noción de apertura concierne a todos los seres vivos y, no menos, sino incluso más, como se verá, a todo lo que es humano. Nosotros, vosotros, yo, somos radicalmente abiertos. Ciertamente, la apertura no es el carácter al que se podrían reducir o subordinar todos los demás: es preciso inscribirlo en una constelación conceptual compleja, pero ella debe inscribir, a la vez, su vacío en cada término de esta constelación. Así, como lo veremos en el segundo tomo de este trabajo, es preciso operar las aperturas fundamentalmente necesarias a la ciencia del hombre, y esto no solamente abriendo los conceptos de individuo, sociedad, especie, unos sobre otros, sino considerándonos, nosotros humanos, como una raza abierta marcada por el vacío existencial en nuestros seres, nuestros sentimientos, nuestros amores, nuestros fantasmas, nuestras ideas. Lo veremos cada vez más: una teoría abierta, una *scienza nuova* no tiene por qué rechazar la existencia como desecho subjetivo.

Veremos que la transformación que opera la apertura debe remontar en cadena a toda la organización del razonamiento y del pensamiento. Veremos en el tomo III que la concepción cerrada del objeto corresponde, como bien ha indicado Maruyama (Maruyama, 1974), a una visión del mundo clasificacionista, analítica, reductora, unidimensional, manipuladora y que la apertura llama