PRINCIPIOS DE AUTOORGANIZACIÓN EN UN CONTEXTO SOCIOADMINISTRATIVO

Heinz von Foerster

Artículo publicado originalmente en *Self-organization and Management of Social Systems (Insights, Promises, Doubts, and Questions)*, H. Ulrich y G. J. Probst, compiladores, Springer-Verlag, Berlín, 1984, páginas 2-24.

Resumen

Heinz von Foerster. "Principios de autoorganización en un contexto socioadministrativo", *Cuadernos de Economía*, v. XVI, n. 26, Bogotá, 1997, páginas 131-162.

Este artículo analiza la administración como un sistema autoorganizado, donde el administrador se ve a sí mismo como miembro de la organización que administra. El artículo parte de los aportes de Gothard Gunther, quien desarrolló un sistema lógico de valores múltiples, Lars Lofgren, quien propuso la noción de 'autología', y de Francisco Varela, quien expandió el cálculo de la autoindicación. Von Foerster amplía la nción de autología y expone una interpretación general del concepto de computación basada en las máquinas triviales y no triviales para desarrollar ampliamente el cálculo de recursivas. El artículo concluye con una aplicación de esas ideas al análisis de la autoorganización en el contexto socioadministrativo.

Abstract

Heinz von Foerster. "Principles of Self-organization in a Socioadministrative Context", *Cuadernos de Economía*, v. XVI, n. 26, Bogotá, 1997, pages 131-162.

This article analyzes management as a self-organized system, in which the manager sees himself as a member of the organization he manages. He builds on the contributions of Gothard Gunther, who developed a logical system of multiple values, Lars Lofgren, who proposed the notion of 'autology', and Francisco Varela, who expanded the calculus of indications of G. Spencer-Brown, transforming in into the calculus of self-indication. Von Foerster broadens the notion of autology and presents a general interpretation of the concept of computations based on trivial and non-trivial machines, in order to broadly develop the calculus of recursives. The article concludes with the application of those ideas to the analysis of self-organization in the socioadministrative context.

APERTURA

Debo confesar que cuando recibí la invitación del doctor Probst para participar en una reunión sobre 'Administración y autoorganización en sistemas sociales', no estaba muy seguro de cuál sería mi papel en esa reunión. La noción de autoorganización no me es extraña, pero cuando la consideré en el contexto administrativo y, más aún, en el ambiente de una ciencia social (*Sozialwissenschafter*), me sentí perdido. Entiendo tan poco de administración (*management*) que en la escuela elemental mis maestros se quejaban de que yo era inmanejable (*unmanageable*). En verdad, tuve que buscar 'administración' en mi diccionario [Mifflin 1966]. Allí encontré que se deriva de "restringir el movimiento de las manos", y que tiene la misma raíz que 'maniatar', es decir, ponerle esposas a alguien: llegado a ese punto estaba preparado para declinar la invitación.

Afortunadamente, poco después los organizadores de esta reunión me enviaron un artículo de Malik y Probst [1982], aparentemente con la idea de darme una clave acerca de lo que se trataría en la reunión. Ese artículo comienza con dos preceptos. Como después de leerlos supe que aceptaría la invitación, los leeré para ustedes. El primero es una cita de Peter Drucker quien, como yo, creció en Viena, y cuyos padres eran amigos de los míos: "Las únicas cosas que evolucionan por sí mismas en una organización son el desorden, la fricción y el mal rendimiento".

No es un mal comienzo para un artículo que se dedica a la autoorganización en la administración. El segundo precepto es también de un vienés, el premio Nobel Friedrich von Hayek, quien participó en una conferencia sobre los principios de nuestro tema que yo organicé hace casi un cuarto de siglo. He aquí la cita: "la única posibilidad de trascender las mentes individuales es confiar en las fuerzas 'autoorganizativas' suprapersonales que crean un orden espontáneo".

Con esas dos citas contradictorias, los organizadores me tenían casi atrapado, pero tuvieron un éxito completo una vez leí todo el artículo. Había cuatro puntos que me gustaban:

1. Las jerarquías son esqueletos inapropiados para una estructura administrativa;

2. La importancia de la flexibilidad y de la adaptación;

3. Limitado control y conocimiento del sistema; y, finalmente,

4. La última línea del artículo:

> En tanto administradores debemos [...] aprender a ser lo que realmente somos: no hacedores y caudillos, sino catalizadores y cultivadores de un sistema autoorganizador en un contexto en evolución.

Me sentí muy cerca de esta perspectiva, afín a un punto que señalé una vez al final de uno de mis artículos [Von Foerster 1982a]. Lo llamé un 'imperativo ético': "Actúa siempre para aumentar el número de alternativas".

Mi impresión general era que ambos autores buscaban una epistemología que diera cuenta de la situación en que el administrador es un elemento del sistema que está administrando. Hace una o dos décadas nadie que estuviera en sus cabales se habría atrevido a plantear ese problema o a formularlo de ese modo. Y si alguien lo hubiese hecho, todos los expertos habrían pasado un gran rato mostrando que esa autoinclusión es la raíz de toda paradoja. Estoy casi seguro que se habrían referido al barbero de la ciudad que afeita a todos los que no se afeitan a sí mismos (es claro que los que se afeitan a sí mismos no necesitan ser afeitados). Hasta aquí es claro. Pero, ¿debe el barbero afeitarse a sí mismo? Por supuesto que no, porque él afeita solamente a quienes no se afeitan a sí mismos. Aparentemente, él no debe afeitarse a sí mismo. Pero entonces... etcétera. Si él es un experto estudioso, podría citar la victoria de Bertrand Russell sobre el paradójico "conjunto de todos los conjuntos que no se contienen a sí mismos como elementos" (con la irresponsable pregunta: ¿se contiene este grupo a sí mismo como elemento, o no?). Esta victoria fue celebrada como la 'teoría de los tipos', con la que este caballero liberal simplemente prohibió la autoinclusión con argumentos lógicos (una proposición debe ser o verdadera o falsa. En este caso, sin embargo, esas proposiciones son verdaderas cuando se las considera falsas, y falsas cuando se las reconoce como verdaderas).

Afortunadamente, la situación es hoy muy diferente, gracias a los trabajos pioneros de tres caballeros. Gothard Gunther, un filósofo, ahora profesor en la Universidad de Hamburgo, que desarrolló el más fascinante sistema lógico de valores múltiples [Gunther 1976], muy diferente de los de Tarsky, Quine, Turquette y otros. Lars Lofgren, un especialista en lógica de Lund, Suecia, que introdujo la noción de 'autología',[1] es decir, de los conceptos que pueden ser aplicados a sí mismos y que, en algunos casos, se necesitan a sí mismos para existir. Me ocuparé de estos puntos en un momento. Finalmente, Francisco Varela, que está sentado aquí mismo y que, como ustedes saben, expandió el cálculo de indicaciones de G. Spencer-Brown transformándolo en el cálculo de la autoindicación [Varela 1975].

Mi plan para este artículo es partir de esas ideas y, en un intento de maximizar mi utilidad en esta reunión, presentar mis puntos en forma complementaria a los del artículo de Malik y Probst: En primer lugar, ampliaré la noción de autología; en segundo lugar, haré una breve presentación de una interpretación general del concepto de computación, y de su realización (conceptual) en forma de 'máquinas', porque necesito ese concepto para el siguiente punto que deseo exponer, a saber; computaciones recursivas; finalmente, haré uso de todo ello hablando de la autoorganización en el contexto socioadministrativo.

AUTOLOGÍA

Voy a referirme al administrador que se considera a sí mismo miembro de la organización que administra. Si él toma en cuenta esto seriamente, debe aplicar sus percepciones y actos administrativos a sí mismo, a sus propias percepciones y actos. Administración es, claramente, un concepto autológico. En otro contexto, se habla de esos conceptos como 'conceptos de segundo orden'.

Para apreciar las peculiares propiedades lógicas que distinguen a las autologías de otros conceptos, los invito a participar en el experimento sugerido en la figura 1. Sírvanse seguir las instrucciones y no abandonen la tarea hasta que la mancha negra haya desaparecido completamente.

A este fenómeno se le suele llamar 'mancha ciega' de nuestro campo visual, y los fisiólogos tiene una explicación directa de este fenómeno (figura 2). Hay un lugar de nuestra retina donde no hay células receptoras, ni conos, ni bastones. Este lugar es el 'disco', y es allí donde el nervio óptico abandona al globo ocular. Por supuesto, la mancha negra

---

1 Comunicación personal con el profesor Lars Loefgren, Department for Automata Theory and General Systems, Building E, Lund University, Box 725, S 220 07, Lund, Suecia.

FIGURA 1

Sostenga el libro con la mano derecha. Cierre el ojo izquierdo. Fije la vista en el asterisco. Mueva el libro lentamente hacia adelante y hacia atrás, a lo largo de la línea de visión y observe cómo la mancha negra desaparece (a una distancia ojo-papel de 30 a 35 cm). Mantenga la vista fija en el asterisco, a la misma distancia ojo-papel, y mueva el libro lentamente en círculos: la mancha negra sigue invisible.

no puede verse cuando uno es forzado a proyectar esa mancha sobre el disco, manteniendo al asterisco enfocado en la fóvea.

Esta explicación parece ser clara con respecto a esta cuestión, y podríamos ocuparnos de otras cosas. Sin embargo, quisiera hacer dos comentarios, uno sobre el fenómeno de la mancha ciega en sí mismo, el otro acerca de esta explicación.

Lo que es aparentemente sorprendente en este experimento es su demostración de la incompletud de nuestro campo visual, incompletud de la que somos totalmente inconscientes en condiciones normales. Si quisiese subrayar la naturaleza autológica de la percepción visual o de la percepción en general, podría decir ¡que no vemos que no vemos!

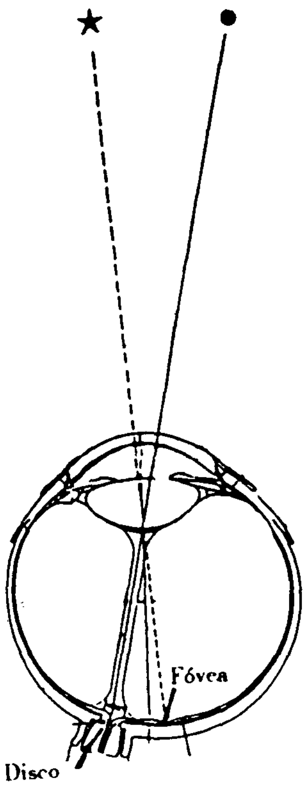
Esto sugiere que el problema no es no ver; el problema es no ver que no vemos. Este es un problema de segundo orden, graciosamente pasado por alto en la explicación ortodoxa que vimos anteriormente. De allí que no ver el problema es, de nuevo, el fenómeno de la mancha ciega, sólo que, ahora, en el nivel cognitivo.

Mi estrategia de introducir conceptos de segundo orden que contienen negaciones pretendía mostrar de una vez su inusual estructura lógica, porque en este caso la doble negación no produce una afirmación: no no-ver no implica ver.

Daré ejemplos de estos conceptos, dentro de un esqueleto lógico afirmativo, para llamar la atención hacia los diferentes 'tipos lógicos', como Gregory Bateson habría dicho, de nociones que están incluidas en su propio dominio.

Permítanme comenzar con 'propósito'. Si lo tomamos como un concepto de primer orden, hablaríamos de algo que 'tiene un propósito'. Sin embargo, en su nivel de segundo orden, podríamos preguntar ¿cuál es el

FIGURA 2



Sección horizontal del ojo humano derecho que muestra el lugar de las proyecciones.

propósito de 'propósito'?, es decir, por qué introducir la noción de propósito. La respuesta es en este caso muy directa, es decir, para evitar contemplar trayectorias variables e impredecibles considerando una situación más o menos invariable: la 'meta', el 'fin', el *telos*. Sin embargo, si prestamos atención a la naturaleza autológica del 'propósito' nuestra mirada se desvía desde 'algo', lo observado, a 'alguien', por ejemplo, la persona que usa ese término, es decir, el observador [Pask 1969].

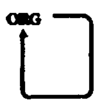
Pasemos ahora al lenguaje: "¿qué es el lenguaje?", o mejor aún: "¿qué es 'lenguaje'?" Para responder a lo que aquí se pregunta necesitamos el lenguaje; y, por supuesto, necesitamos al lenguaje para preguntar esa pregunta sobre el lenguaje. De ahí que, si no conocíamos la respuesta, ¿cómo podríamos haber hecho la pregunta?, y si en verdad no la conocíamos, ¿cómo será una respuesta que se responde a sí misma? [Von Foerster 1981]. El círculo semántico que subrayo aquí sugiere una restricción lógica en una definición posible de 'lenguaje', a saber, su naturaleza autológica. Es decir, para que cualquier conducta comunicativa referencial sea 'lenguaje', debe contener una referencia a su conducta comunicativa (por ejemplo, un lenguaje debe ser capaz de expresar la noción de 'lenguaje' o, como gusta decir Humberto Maturana, el lenguaje debe ser capaz de referirse a su referirse, debe ser capaz de 'señalar el señalar'). Por supuesto, el máximo fastidio, en este contexto, es la pregunta de Ludwig Wittgenstein [1953]: "¿qué es una pregunta?", que dejo abierta para que ustedes la respondan.

Como ejemplo final, me ocuparé de la naturaleza autológica del tópico central de nuestra reunión, a saber, 'organización'. Permítanme hacer un nuevo desvío desde una interpretación de primer orden de este concepto hacia una de segundo orden. Usamos el verbo transitivo 'organizar' y estipulamos un mundo donde el organizador y su organización están tan fundamentalmente separados uno del otro como lo están las formas activa y pasiva; es el mundo de organizar al otro, el mundo del mandamiento: "Tú debes..."

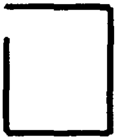
Al mismo tiempo, si contemplamos la organización de una organización de tal modo que una se introduzca en la otra, por ejemplo, en la 'autoorganización', estipulamos un mundo donde el actor actúa sobre sí mismo, porque él está incluido en su organización: es el mundo de organizarse a uno mismo, el mundo del mandamiento: "Yo debo..."

A partir de esto, parece claro que desviarse de interpretaciones de primer orden a otras de segundo orden tiene como consecuencia un desvío en los fundamentos epistemológicos de la ética. La novedad aparece en el último caso donde, por vez primera, uno puede empezar a ver que el epistemólogo ético llega a ser capaz de dar cuenta de su propia epistemología.

Espero que con estos ejemplos de autología y, más explícitamente, con el de autoorganización, sea evidente mi posición de no permitir la ruta de escape russelliana hacia metadominios ('metalenguajes', por ejemplo). Quizá también sea evidente el hecho esencial de aquellos conceptos que pueden aplicarse a sí mismos, a saber, la 'clausura'. Tal vez la siguiente simbolización de una organización que aplica su competencia a sí misma sugiera 'clausura' de modo aún más convincente:



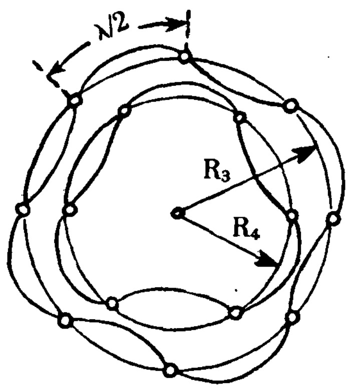
Más aún, quienes estén familiarizados con el desarrollo formal de este argumento pueden reconocer en el 'indicador recursivo el símbolo de la condición autónoma que Francisco Varela introdujo hace casi diez años en su artículo seminal sobre el cálculo de la autorreferencia [1975]:



Si bien al principio se puede pensar que la introducción de la clausura agrega riqueza a los argumentos, de hecho produce lo opuesto. Quita un grado de libertad. Esto es así porque cualquier cosa que consideremos como el 'fin' en cualquier dominio, debe coincidir con el 'principio', porque si no el sistema no queda cerrado. Puesto que éste es un punto crucial, como verán enseguida, permítanme demostrarlo con dos ejemplos.

Tomaré el primero de la física, de los primeros días de la mecánica ondulatoria. Como recordarán, algunos experimentos con partículas elementales, electrones en particular, sugirieron que podían interpretarse como si las partículas se comportaran como ondas, sumándose cuando las cimas se unían a otras cimas y los valles a otros valles; y anulándose cuando las cimas se encontraban con valles. De Broglie argumentó que si esto era así, los electrones que orbitaran el núcleo atómico se anularían siempre a sí mismos, a menos que se movieran en órbitas que fueran integrales múltiples de su longitud de onda (figura 3), porque sólo en ese caso las cimas se encontrarían con cimas y los valles con valles; es decir, el final de un tren de ondas debía ser su principio.

FIGURA 3



Órbitas estables del electrón a lo largo de Eigen-Radii (radios propios) que corresponden a múltiplos de longitud de onda: $R_3 = 3\lambda/2\pi$; $R_4 = 4\lambda/2\pi$.

Es claro que para cumplir esta condición sólo pueden existir aquellas órbitas que están separadas por 'saltos cuánticos', y la confirmación de la hipótesis de De Broglie mediante la física cuántica lo honró con el Premio Nobel.

Observen nuevamente, a partir del argumento o de la figura 3, que la condición de clausura —que el final coincida con el principio— extrae, a partir de las infinitas posibilidades de movimiento del electrón alrededor del núcleo, un número discreto de soluciones cuyos valores cumplen con la condición deseada. Estos valores se denominan 'valores-Eigen' ('valores propios', o 'autovalores'), como los llamó a principios de siglo el matemático David Hilbert refiriéndose a las soluciones de problemas con una estructura lógica similar.

Mi segundo ejemplo tiene que ver con las proposiciones autorreferenciales. Como recordarán, siempre se creyó que éstas —por ejemplo, las paradojas de Epiménides, una de las cuales (la dificultad del barbero para afeitarse a sí mismo) mencioné antes— eran verdaderas creadoras de problemas.

Sin embargo, como veremos enseguida, estas situaciones no solamente no son irresolubles sino que, además, sus soluciones nos aportan esclarecimientos en otros dominios.

Consideren la siguiente frase incompleta:

ESTA FRASE TIENE...................... LETRAS

y busquen un número cuyo nombre en letras, al insertarse en el espacio en blanco, haga que esta frase sea completa y consistente. Es claro que sólo algunos números del infinito repertorio disponible satisfacen esta condición. Por ejemplo, TREINTA no la satisfaría porque la frase 'esta frase tiene treinta letras' sólo tiene 27 letras.

Hay dos soluciones, dos 'valores-Eigen', para este problema que satisfacen las condiciones descritas. Una de ellas es TREINTA Y UNA. La frase:

ESTA FRASE TIENE TREINTA Y UNA LETRAS

tiene 31 letras. Más aún, observen que esa frase dice lo que hace.

Les sugiero buscar la otra solución, porque ese ejercicio lleva, forzosamente, a compenetrarse con lo que significa 'hacer que los extremos se encuentren' [Hofstaedter 1982].

Puesto que en estos casos de clausura, el resultado de una operación se introduce de nuevo en esa misma operación, se habla de 'operaciones recursivas' (de *re*: de nuevo, y *currere*: introducir). La teoría que provee el formalismo para estos procesos se llama 'teoría de las funciones recursivas'. Hoy en día, ese campo de las matemáticas constituye un cuerpo de conocimiento extenso y bien establecido [Davis 1958]; más adelante volveré a comentarlo brevemente.

¿Cuáles son las consecuencias de todo esto para la administración? Permítanme sugerir una que, en mi opinión, tiene muchas ramificaciones: *en un sistema administrativo autoorganizador cada participante es un administrador del sistema.*

Tal estructura organizacional se denomina 'heterarquía' (*heteros* = el otro, y *archein* = gobernar) porque en cierto momento uno de nuestros vecinos puede estar tomando las decisiones, en otro momento tú, como vecino de otros. Esta organización es, por supuesto, lo opuesto de una 'jerarquía', donde gobierna el 'santo' (*hieros*), el jefe tiene todo el poder y la línea de mando va de arriba hacia abajo.

Hasta donde sé, la noción de heterarquía fue introducida por Warren McCulloch [1965], en un artículo que es una fiesta intelectual para el lector: "Una heterarquía de valores determinada por la topología de las redes nerviosas". McCulloch derivó el concepto de heterarquía de un principio que él apreciaba mucho: el *principio del mando potencial, por el cual la información constituye a la autoridad.*

Como ejemplo de este principio, él solía contar la historia de la batalla de las Islas Midway, cuando la flota japonesa estuvo a punto de destruir a la estadounidense. El barco insignia estadounidense fue hundido en los primeros minutos, y su flota fue abandonada a su propia organización, pasando de una jerarquía a una heterarquía. Entonces, el encargado de cada barco, grande o pequeño, tomaba el comando de toda la flota cuando se daba cuenta de que, dada su posición en ese momento, sabía mejor lo que iba a hacer. Como todos saben, el resultado fue la destrucción de la flota japonesa y el punto de viraje decisivo de los acontecimientos de la guerra del Pacífico.

MÁQUINAS

Estoy seguro de que habrán notado los dos temas que menciono una u otra vez en mi presentación, autorreferencia y clausura, y que advierten mi intento de entrelazar ambas nociones. El instrumento de ese intento es la 'recursión', y espero que hayan tomado algo de su gusto porque ahora quiero mostrar el poder de ese concepto en el contexto de nuestra reunión. Puesto que deseo hacerlo siguiendo los pasos elementales de su formalismo, el formalismo de las computaciones recursivas, primero haré algunas consideraciones preliminares sobre computación en general.

En primer lugar, permítanme recordar que la raíz etimológica de 'computación' no la confina de ningún modo a experiencias numéricas. La palabra es una fusión de 'com' = al mismo tiempo, y '*putare*' = contemplar, es decir, contemplar cosas al mismo tiempo. Es claro que no hay restricción alguna sobre las 'cosas' contempladas, y usaré el concepto en este sentido general.

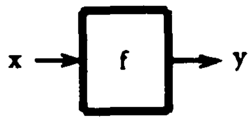
Como vehículo para hablar acerca de computación, usaré la idea de 'máquina', en el sentido que le dio Alan Turing hace casi medio siglo, es decir, como un artefacto conceptual con reglas bien definidas de operación. Sin embargo, no describiré una máquina de Turing [1936-1937], porque nos alejaría de nuestro tema central, pero describiré unos artefactos computacionales conceptuales aún más generales, las 'máquinas de estado finito' [Gill 1962].

Existen dos tipos de máquinas de esa clase: las máquinas de estado finito triviales y las no triviales, o MT y MNT. En primer lugar, exaltaré los encantos de la máquina trivial (MT); luego comentaré los de las MNT.

La máquina trivial

La figura 4 es una representación esquemática de una MT: x, y, f se refieren a 'entrada', 'salida' y 'función', respectivamente; las flechas indican la dirección que siguen las operaciones.

FIGURA 4



Máquina trivial.

La idea es lograr una comprensión clara del proceso. Supongamos, por ejemplo, que x e *y* representan los números naturales 1, 2, 3, 4,..., que la función de esta máquina es producir una salida, y que representa la segunda potencia de la entrada x (x elevado al cuadrado), es decir, esta máquina es una MT 'elevadora al cuadrado'. Ustedes saben, por supuesto, qué es lo que ocurre y, también, que hay varios modos de describirlo, algunos de ellos antropomórficos (o incluso biomórficos). Por ejemplo, si nuestra máquina elevadora al cuadrado se alimenta con un 4 (x = 4), 'arroja' un 16 (y = 16). Tomemos otra MT, una de esas cajas registradoras que vemos en los supermercados. Las líneas codificadas de una mercadería se pasan por el 'sensor' de la máquina, y la impresora inscribe 'FIDEOS: 3.50' en la factura (es una MT 'facturadora'). Podemos considerar otra que arroja una pelota al aire (x = arrojar) y la observa yendo hacia arriba y cayendo (y = observar). Ésta sería la operación de una MT de 'atracción-gravitación'. O consideremos la estructura del silogismo deductivo. El ejemplo clásico es, por supuesto: 'todos los hombres son mortales' (premisa mayor); 'Sócrates es un hombre' (premisa menor); y la conclusión: 'Sócrates es mortal'. A ésta la llamo MT 'todos-los-hombres-son-mortales', porque cualquier cosa que metan como entrada, mientras sea un hombre, saldrá hecha un cadáver (potencial) del otro lado.

Elegí esta ultrajante mezcla de ejemplos porque quiero dejar en claro los tres puntos siguientes:

Número uno: pese a la variedad de contextos de los ejemplos, el esquema de argumento, lógica y operación es el mismo: debido a la relación invariable, f, entre entrada, x, y salida, y, una vez se observa una y para una x determinada, será siempre la misma y para la misma x que luego se suministre como entrada. La consecuencia de ello es que todas las MT son:

1. Predecibles;
2. Independientes de la historia.

Número dos: debido a la popularidad del esquema deductivo de las máquinas triviales, las tres entidades determinantes de la máquina, x, y, f, aparecen y reaparecen con los nombres más diversos, dependiendo de los diferentes contextos. He aquí una lista incompleta:

x	f	y
Variable independiente	Función	Variable dependiente
Causa	Ley de la naturaleza	Efecto
Premisa menor	Premisa mayor	Conclusión
Estímulo	S.N.C.	Respuesta
Motivación	Carácter	Actos
Meta	Sistema	Acción
...	...	...

Número tres: cuando una MT es sintetizada, es decir, cuando se establece la correspondencia x-y (es decir, la función f), esta máquina queda definida sin ambigüedad. Se habla en este caso de un sistema sintéticamente determinado. Un hecho particularmente agradable de estas máquinas es que también son analíticamente determinables, porque sólo se tiene que registrar la y correspondiente a cada x. Ese registro es, entonces, la 'máquina'. De ahí que todas las MT sean:

3. Sintéticamente determinadas;
4. Analíticamente determinables.

Para resumir, los invito a contemplar una máquina trivial que tiene las propiedades siguientes:

Puede distinguir cuatro estados de entrada (x): A, U, S, T; y dos estados de salida (y): 0, 1. La correspondencia entre x e y se establece mediante la siguiente tabla:

f

x	*y*
A	0
U	1
S	1
T	0

Así, a partir de una secuencia de entradas, por ejemplo, A, U, S, T, la máquina computará la secuencia de salidas 0, 1, 1, 0; o a partir de la secuencia U, S, A, computará 1, 1, 0; y cuando esta secuencia se repita una y otra vez, obtendremos una y otra vez, 1, 1, 0, hasta el día del Juicio Final.

Máquinas no triviales

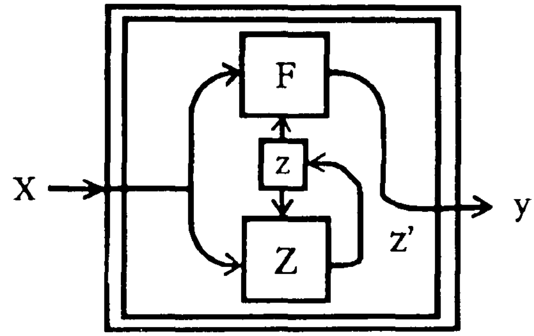
La característica esencial de una máquina trivial es la obediencia; parecería que la de una máquina no trivial es la desobediencia. Sin embargo, como veremos, la MNT también es obediente, pero obedece a una voz diferente. Tal vez se podría decir que obedece a su voz interior.

¿En qué difiere una MNT de una MT? En algo muy simple pero de profundas consecuencias: la respuesta ante un estímulo dado puede no ser igual cuando ese mismo estímulo se ejerce posteriormente.

El modo más fructífero para dar cuenta de esos cambios en su operación puede ser observar los estados internos de la máquina (z), cuyos valores codeterminan su relación entrada-salida (x, y). Más aún, la relación entre los estados internos presentes y subsiguientes (z, z′) está codeterminada por las entradas (x). Quizá el mejor modo de visualizarlo sea considerar el sistema como una máquina dentro de otra máquina (figura 5).

Desde fuera, esta máquina se parece mucho a una máquina trivial, con una entrada x y una salida y. Sin embargo, cuando se saca la tapa (como

FIGURA 5



Máquina no trivial.

en la figura 5), se ven las entrañas de una MNT. Lo nuevo aquí es el lugar (el cuadrado del centro) que contiene el estado interno z. Este estado, junto a la entrada x, provee —por una parte— una entrada a F, una máquina trivial que computa la salida y de la máquina no trivial, y —por otra parte— a Z, otra máquina trivial que computa el estado interno z' posterior. A partir de lo que he dicho debería ser claro que la máquina no trivial también es sintéticamente determinada.

En un momento les mostraré el funcionamiento de esa máquina, pero antes me gustaría aclarar la terminología. En general, F y Z se denominan función motriz y función de estado, respectivamente. Algebráicamente esto se expresa como:

y = F(x, z), función motriz

z' = Z(x, z), función de estado

Tal vez hayan advertido que la función de estado Z expresa una cantidad (z') a través de sí misma en un estadio previo (z). Esta es la esencia de las computaciones recursivas. Hablaré de ellas más adelante.

Construyamos ahora una MNT mínima, relacionada tan estrechamente como sea posible con nuestra MT anterior. La extensión mínima sería agregar un estado interno, de tal modo que ahora no tenemos uno sino dos estados internos. Llamémoslos I y II, y supongamos que sus funciones motriz y de estado son como aparece en la tabla siguiente.

Exploremos ahora el comportamiento de esta máquina. Sugiero empezar con el primer símbolo de entrada A. Le suministramos varias Aes (A, A, A, ...) y para nuestra satisfacción obtenemos, consistentemente,

Cuando está en I			Cuando está en II		
x	y	z'	x	y	z'
A	0	I	A	1	I
U	1	I	U	0	II
S	1	II	S	0	I
T	0	II	T	1	II

ceros (0, 0 ,0,...). Pasamos luego a una secuencia de Ues (U, U, U,...), y la máquina responde con una secuencia de unos (1, 1, 1,...). Confiadamente, probamos con la entrada S y obtenemos 1, pero cuando elegimos S nuevamente, ocurre algo desagradable para quien no conoce el funcionamiento interno de la máquina: ésta responde con un 0 y no con un 1. Podríamos haberlo predicho, porque la función de estado cambia la máquina, cuando está en I, al estado interno II, cuando le entra S, y en ese caso la respuesta al estímulo 'S' es '0'. Sin embargo, si está en II, dado S, la máquina vuelve a su estado interno I, y si de nuevo entra S, produce 1, etcétera.

Si probamos la secuencia patriótica USA, responde con 111 o con 000, dependiendo de si empieza en el estado interno I o II, expresando, aparentemente, diferentes convicciones políticas. Tal vez estos ejemplos basten para calificar a estas máquinas como 'no-triviales'.

Más importante aún es la diferencia entre el que conoce las funciones motriz y de estado de la máquina (quien tal vez la sintetizó) y el que no tiene acceso a ese conocimiento y está limitado a observar secuencias de pares de entrada-salida como única base para hacer hipótesis acerca del funcionamiento interno de la máquina.

A primera vista, la diferencia entre el conocedor y el experimentador no parece tan grave. Es claro que el experimentador tiene la aburrida tarea de recorrer todas las secuencias para establecer las reglas que las producen; sin embargo, en última instancia, debería descubrir el código de la máquina, y su funcionamiento se haría tan transparente para él como para el conocedor: difícil, pero no imposible. Pero esto no es así.

Permítanme primero ocuparme de cuán 'difícil'. El problema aquí es identificar, entre todas las máquinas posibles con el número dado de estados de entrada y de salida, aquellas que estamos investigando. Por 'identificar' entendemos, por supuesto, inferir, a partir de las secuencias observadas de pares de entrada-salida, las funciones motriz y de estado de la máquina.

Si una máquina no trivial tiene dos estados de salida posibles, digamos 0 y 1, como la nuestra, y 2, 4, 8, ó 16 estados de entrada (n = 1, 2, 3, 4), nuestra máquina tiene cuatro estados de entrada A, U, S, T (n = 2); de modo que nuestro experimentador debe buscar entre $(6.10)^{76}$ diferentes máquinas para encontrar la correcta. ¿Difícil? ¡No! ¡Transcomputacional!

Pasemos ahora a cuán 'posible'. Existe una clase de máquinas cuyas funciones motrices y de estado son tales que es *en principio* imposible inferir esas funciones a partir de los resultados de un número finito de pruebas: ¡el problema general de la identificación de la máquina resulta insoluble! Esto significa que hay máquinas no triviales que son incognoscibles.

Voy a resumir ahora los hechos esenciales de las máquinas no triviales, para concluir luego con algunos comentarios. Puedo decir, en forma paralela a lo que dije sobre las máquinas triviales, que las MNT son:

1. Sintéticamente determinadas;
2. Dependientes de la historia;
3. Analíticamente indeterminables;
4. Analíticamente impredecibles.

Con el principio 3, las máquinas no triviales se unen a sus famosas hermanas, que anuncian otras limitaciones: Gödel, Teorema de Incompletud; Heisenberg, Principio de Incertidumbre; Gill, Principio de Indeterminación.

Si se tienen en cuenta las demás incomodidades de estas máquinas, a saber, la dependencia de su pasado y su impredecibilidad, nuestros esfuerzos por eliminar o suprimir todas las incertezas de nuestro ambiente resultan comprensibles. Cuando compramos una máquina pretendemos que funcione exactamente como se supone que debe funcionar. Cuando giramos la llave del arranque de nuestro automóvil, debe arrancar; cuando marcamos un número telefónico, queremos la comunicación correcta, etcétera; queremos máquinas triviales. De ahí que nos gusten las garantías que, en esencia, dicen: 'esta máquina seguirá siendo una máquina trivial por, al menos, un año. Si, a pesar de ellas, muestra algunas tendencias no triviales (el automóvil no arranca) llamamos a un especialista en trivialización para que remedie la situación.

Todo está muy bien. Sin embargo, cuando empezamos a trivializarnos unos a otros, no sólo nos volvemos ciegos rápidamente, sino que también nos volvemos ciegos a nuestra propia ceguera. La trivialización mutua reduce el número de alternativas, en contra del imperativo ético que enuncié al principio. La tarea que nos ocupa es, entonces, una tarea de destrivialización.

COMPUTACIONES RECURSIVAS

¿El mundo es una máquina trivial o una máquina no trivial? Tal vez Einstein tuviese una respuesta cuando dijo: *"Raffiniert ist der Herrgott, aber boshaft ist er nicht"* (El Señor es sutil, pero no malicioso [Pais 1982]). Y Heisenberg preguntó: ¿cuál habría sido su respuesta después de ver que la interferencia de una observación deja a lo observado en un estado de incertidumbre? ¿O deberíamos invertir su principio y decir, más correctamente, que la interferencia de una observación deja al *observador* en un estado de incertidumbre?

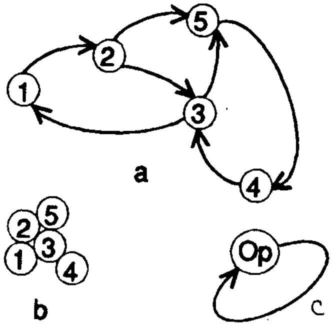
Tal vez la pregunta original tenga una debilidad implícita al estipular una dicotomía entre el mundo observado y aquel que hace las observaciones. Tal vez cada uno de nosotros tenga que contestar primero, para sí mismo, la pregunta. "¿Soy parte del Universo o estamos separados?". En otras palabras, debemos considerar una epistemología en la que yo, el observador, estoy incluido en el dominio de mis observaciones, o debemos prohibir ese mecanismo de reentrada (ya que en última instancia nos veríamos a nosotros mismos).

La posición ortodoxa en este punto es estipular la separación del observador del mundo de lo observado, un mundo que se suele percibir como una máquina trivial cuyo funcionamiento debíamos descubrir. Puesto que esta perspectiva es la más difundida, no es necesario que me detenga en ella. En cambio, ampliaré los conceptos de autología y de clausura que ya presenté, haciendo pleno uso de la noción de 'máquina', cuyo funcionamiento en condiciones de clausura hemos de explorar ahora.

Consideremos una red de máquinas en interacción, donde la salida de cada máquina es una entrada para otras (o para sí misma); y la entrada de cada máquina es una salida para otras (o para sí misma) (figura 6a). Dado que no hay salida hacia el mundo afuera de la red, el sistema está en clausura, constituye su propio mundo. Ross Ashby, uno de los primeros en estudiar la actividad de estas redes, se refirió a ellas como 'sistemas sin entrada' [1966].

Si sólo consideramos las conexiones entre dos máquinas para observar el flujo de señales entre ellas, serían irrelevantes las conexiones con las demás (6b): toda la red actúa como una única MNT cuya salida es su entrada (6c).

FIGURA 6



Red de máquinas interactuantes.

Sinteticemos la operación de toda la red, entre los puntos de entrada y de salida elegidos, en un operador: Op, y hagamos que el resultado de esa operación sea el comienzo de la operación siguiente. En otras palabras, apliquemos una operación recursiva.

Llegados a este punto, debo decidir si los invito a acompañarme a través de los pasos de un enfoque formal elemental de la teoría de funciones recursivas, o si sólo debo resumir algunos de sus resultados. Como no puedo decidir haré ambas cosas, porque ustedes pueden siempre saltar varios pasos de los argumentos formales y pasar al resumen. Sin embargo, les recomiendo que me acompañen por los cuatro puntos de este abecedario sobre recursiones, porque disfrutarán mucho más las consecuencias del argumento después de haber observado su desarrollo.

Un abecedario sobre recursiones

Elementos de un formalismo

1. Consideremos la variable (independiente) x_0 (llamémosla el 'argumento primario', con el subíndice '0' para indicar que es la variable *ab ovo*).

Esta variable puede asumir valores numéricos o representar ordenamientos (grupos de números, vectores, configuraciones geométricas); funciones (polinomios, funciones algebraicas); conductas descritas por funciones matemáticas (ecuaciones de movimiento); conductas descritas por proposiciones (las expresiones proposicionales temporales de McCulloch-Pitts).

2. Consideremos una operación (transformación, algoritmo, funcional): 'Op' que actúa sobre la variable x_0; indiquemos la acción sobre este operando X_0 por:

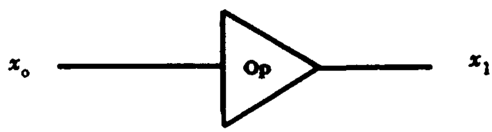
$$Op(x_0)$$

Llamemos x_1 a los valores resultantes de la primera aplicación de Op sobre x_0:

$$x_1 = Op(x_0) \qquad [1]$$

o gráficamente:

FIGURA 7



2.1. Apliquemos Op a x_1, y llamemos x_2 a los valores así generados:

$$x_2 = Op(x_1) \qquad [2]$$

Es decir, x_2 representa los valores resultantes de aplicar Op dos veces sobre x_0. (Con las ecuaciones [1] y [2]):

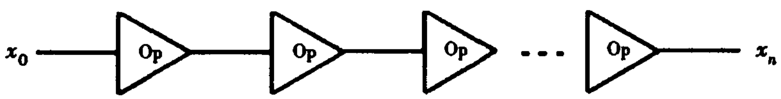
$$x_2 = Op(x_1) = Op(Op(x_0)) \qquad [3]$$

2.2. Llamemos $Op^{(n)}$ a la aplicación enésima de Op a una variable; tenemos entonces:

$$x_n = Op^{(n)}(x_0) \qquad [4]$$

o gráficamente:

FIGURA 8



3. Consideremos el caso en que Op se aplica infinitamente ($n \to \infty$) a una variable, digamos, x_0:

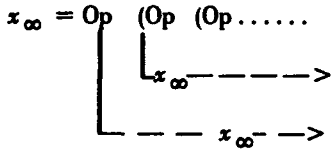
$$x_\infty = Op^{(\infty)}(x_0), \text{ o} \qquad [5]$$

$$x_\infty = Op(Op(Op(Op(Op(Op(Op(Op(Op(Op(... \qquad [6]$$

3.1. Contemplemos la expresión [6] y observemos que:

3.1.1. La variable independiente x_0, el 'argumento primario', desapareció;

3.1.2. Puesto que expresa una recursión infinita de los operadores Op sobre operadores Op, cualquier recursión infinita de esa expresión puede ser remplazada por x_∞:



3.2. Por tanto:

$$x_\infty = Op(x_\infty) \qquad [7.1]$$

$$x_\infty = Op(Op(x_\infty)) \qquad [7.2]$$

$$x_\infty = Op(Op(Op(x_\infty))) \qquad [7.3]$$

etcétera.

3.3. Si hay valores $x_{\infty i}$ ($i = 1, 2, 3, 4, ...$) que satisfacen las ecuaciones [7], los llamamos:

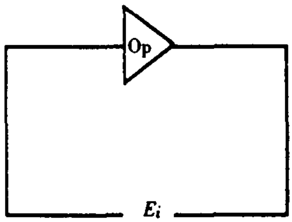
'Valores-Eigen'
('Valores-propios' o 'autovalores')
$E_i = x_{\infty i}$

(o funciones-Eigen; Operadores-Eigen; Algoritmos-Eigen; Conductas-Eigen (=Objetos), de acuerdo con el tipo de argumento primario).

4. Contemplemos las expresiones [7] y observemos que:

4.1. Los valores-Eigen son discretos (aunque el argumento primario sea continuo). Esto es así porque cualquier desplazamiento infinitesimal $\pm\,\varepsilon$ a partir de un valor-Eigen $E_i \pm \varepsilon$ desaparecerá, como lo hacen todos los valores de x_0, excepto aquellos para los cuales $x_0 = E_i$.

4.2. Clausura:



ya que sólo en estas condiciones operador y operando son equivalentes. Es decir que:

4.2.1.

$$\lim_{n \to \infty} Op^{(n)} = Op$$

4.3. Puesto que un operador implica a sus valores-Eigen E_i, y viceversa, los operadores y los valores-Eigen son complementarios ($Op \leftarrow \rightarrow E_i$; uno puede representar al otro).

4.3.1. Puesto que los valores-Eigen se producen a sí mismos (a través de sus operadores complementarios), los valores-Eigen son autorreflexivos.

Ejemplos

1. Consideremos el grupo:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0.

Apliquemos el 'operador evolutivo' OE de Ashby: OE = 'Elija dos números al azar; haga el producto (a dos dígitos) de esos números (por ejemplo: 2 x 3 = 06); remplace los dos números elegidos por los dígitos de su producto'.

x_0 = 1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	9,	0
x_1 = 1,	0,	6,	4,	5,	6,	7,	8,	9,	0
x_2 = 1,	0,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	9,	0
x_3 = 1,	0,	2,	4,	5,	6,	1,	8,	9,	0
x_4 = 1,	0,	2,	4,	4,	6,	1,	0,	9,	0
x_5 = 1,	0,	2,	0,	4,	6,	4,	0,	9,	0

(observen la desaparición de los impares)

x_6 = 1,	0,	2,	0,	4,	6,	4,	0,	0,	0
x_7 = 1,	0,	2,	0,	4,	0,	4,	0,	0,	0

(observen la aparición de ceros)

x_8 = 1, 0, 2, 0, 4, 0, 4, 0, 0, 0
x_{15} = 0, 0, 2, 0, 4, 0, 0, 0, 0, 0
x = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 = E_1

2. Consideremos el grupo:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0.

Apliquemos el 'operador coevolutivo' OC de Ashby: OC = 'Elija dos números, α, β al azar; sustituya β por el último dígito del resultado de la operación: $\alpha^4 + \beta^4$; mantenga α sin cambios'.

A partir de la tabla siguiente, donde aparecen los últimos dígitos para cada uno de los pares, α, β, vemos que los grupos-Eigen contienen números 2 o números 7 en igual cantidad, o números 2 solamente (observen que en caso de que los números 2 desaparezcan completamente, serán regenerados a través de los números 7. La inversa no es cierta).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	2	7	2	7	6	7	2	7	2	1
2		2	7	2	1	2	7	2	7	6
3			2	7	6	7	2	7	2	1
4				7	1	2	7	2	7	6
5					6	1	6	1	6	5
6						2	7	2	7	6
7							2	7	2	1
8								2	7	6
9									2	1

3. Consideremos el operador 'extraer la raíz cuadrada' RC, y apliquémoslo recursivamente a una valor inicial arbitrario x_0. La tabla adjunta da los valores de la secuencia x_1, x_2, x_3,..., para el valor inicial x_0 = 137.

Observen la convergencia hacia el valor-Eigen: x_∞ = 1.

Observen también la complementariedad:

$$1 = \sqrt{\sqrt{\sqrt{\sqrt{\sqrt{\sqrt{\sqrt{\sqrt{\sqrt{\quad}}}}}}}}}$$

x' = RC (x)
x inicial = 137

11.70469991	1.00240521	1.00000234
3.42121322	1.00120188	1.00000117
1.84965218	1.00060076	1.00000058
1.36001918	1.00030033	1.00000029
1.16619860	1.00015015	1.00000014
1.07990675	1.00007507	1.00000007
1.03918561	1.00003753	1.00000003
1.01940453	1.00001876	1.00000001
1.00965564	1.00000938	1
1.00481622	1.00000469	1

4. Consideremos los operadores 'seno' y 'coseno' operando uno sobre el otro recursivamente: x' = cos(y); y" = sen(x').

La tabla adjunta presenta la secuencia:

$x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, \ldots$

para el valor inicial: $y_0 = 3$.

Observen el acercamiento oscilante hacia los valores-Eigen de los dos operadores 'mirándose a sí mismos a través de los ojos del otro':

cos (sen(0,768169...)) = 0,768169...
sen (cos(0,694819...)) = 0,694819...

Noten la diferencia entre los valores-Eigen de estos operadores, cuando cada operador se toma separadamente:

cos (0,739085...) = 0,739085...
sen (0,000000...) = 0,000000...

Observen también la rápida convergencia hacia los valores-Eigen mutuos. Después de sólo 36 pasos, los valores estables se aproximan en uno en un millón.

INICIAL Y = 3

0.9899924293	0.6916683255	0.7681274735	0.6918202121
-0.8360218258	0.7701829913	0.6947897149	0.7681687568
0.6704198624	0.6967666013	0.7681933513	0.6948198033
0.6213150305	0.7672419786	0.6943334981	0.7681693438
0.3131136789	0.6941525818	0.7681603226	0.6948193267
0.7264305416	0.7685961014	0.6948133393	0.7681690722
0.7475500224	0.6951266802	0.7681732221	0.6948196847
0.6798440992	0.7679725702	0.6949226158	0.7681692011
0.7776707430	0.6946783000	0.7681672922	0.6948197269
0.7016216140	0.7682596786	0.6745183514	0.7681691408
0.7637965103	0.6948847942	0.7681700157	0.6948196921

Espero que con esta breve descripción de algunos puntos de la teoría de funciones recursivas y algunos ejemplos de sus aplicaciones, tengan una idea de ese método y vean en la operación recursiva un principio de autoorganización que permite la aparición —cristalización— de ciertas estructuras a partir de estadios previos arbitrarios. Sin embargo, no he mencionado otros resultados interesantes que incluyen valores-Eigen múltiples, composición de esos estados, y muchos otros.

También habrían sido esclarecedores ejemplos en los que los estados-Eigen no son cantidades numéricas sino que son operadores (operadores-Eigen) o ejemplos de otros dominios. Sin embargo, se requeriría un aparato formal más elaborado, y para el estudio de esos casos debo remitirlos a la literatura [Davis 1958; McCulloch 1965; Hofstaedter 1981].

Sin embargo, no puedo terminar este resumen sin una breve mención de los resultados de los estudios de Ashby sobre la dinámica de grandes sistemas sin entrada. En una simulación de computación de un ordenamiento como el de la figura 6a, Ashby conectó, en una serie de experimentos, 100 máquinas no triviales y, en otra, 1000 (computando en sus entradas una variedad de funciones lógicas), y después de asignarles un valor inicial las dejó funcionar en libertad. Después de algunos valores transitorios al comienzo (como en nuestros ejemplos), en los sistemas se establecieron ciertas conductas-Eigen, por ejemplo, 'ciclos límites' de diferente longitud, que en muchos casos representaban grandes rangos de valores iniciales. Su término para este fenómeno era 'poliestabilidad' [Walker y Ashby 1966]. Sus estudios fueron replicados recientemente con ordenadores más rápidos y grandes por un grupo francés que llegó a nuevos y fascinantes resultados [Fogelman-Soulie, Gules-Chacc y Wissbuch 1982].

Concluyo mi historia de las computaciones recursivas con algunas palabras sobre la terminología utilizada. Como mencioné antes, David Hilbert, a comienzos de siglo, introdujo los términos valor-Eigen y función-Eigen, términos que encuentro particularmente bien elegidos para representar la lógica de estos casos. Algo más tarde, otro hecho atractivo de estos valores, la invariancia bajo sus operaciones correspondientes, les valió el nombre de 'puntos fijos'. Recientemente algunos expertos en computación descubrieron esos fascinantes valores por sí mismos, y como no podían dar crédito a sus ojos cuando vieron lo que vieron, les llamaron 'atractores extraños', un término que, lamento decirlo, encuentro repulsivo.

SOCIOADMINISTRACIÓN

En su artículo sobre administración evolutiva, Malik y Probst analizan el papel de la negociación desde la perspectiva de la empresa como sistema autoorganizador en evolución. Quisiera agregar a sus observaciones algunos puntos que se derivan de las estrategias que acabo de comentarles.

Propongo, por el momento, considerar las negociaciones como un intento de los miembros de un grupo de 'resolver un problema común'. Pretendo que en este caso las comillas actúen como banderas, como señales de alarma que nos inviten a reexaminar el abuso de los términos que contienen. ¿Qué significa 'resolver', 'común', 'problema'? ¡Es muy probable que no haya un problema común! Cada miembro puede tener el suyo propio; pero incluso es probable que él no tenga un problema, quizá él sea el problema; etcétera.

Teniendo presente esta advertencia, propongo ver nuevamente las negociaciones como una tarea de resolución de problemas, en la que una de las soluciones puede ser la identificación de un 'problema común'.

Dinámica de grupos pequeños

Voy a describir ahora uno de los primeros experimentos en dinámica de grupos pequeños que, para mi gusto, es muy poco conocido pese a las interesantes conclusiones que se pueden sacar de sus resultados. Este experimento fue diseñado a comienzos de la década de 1950 por Alex Bavelas [1952], por entonces en el MIT (Massachusetts Institute of Technology), quien se interesó en la evolución de las estrategias y los sentimientos de personas con diferentes niveles de pericia que participaban en tareas cuyos medios y fines estaban dados en términos que iban de la transparencia a la opacidad. Este caso parece ser similar al de las situaciones donde podría aplicarse el principio del mando potencial. Sin embargo, no es así porque aquí las acciones están controladas (y registradas) de algún modo, como veremos en un momento.

La tarea de los miembros de un grupo de cinco es encontrar el único símbolo común en un mazo de cartas, del que cada miembro sólo ve una carta, aunque se puede comunicar con los demás únicamente por los canales prescritos para obtener la información necesaria acerca de los otros símbolos. Permítanme describir primero al mazo de cartas y luego el ordenamiento espacial de este experimento.

Cartas: consideremos seis símbolos diferentes, por ejemplo, un cuadrado, una cruz, un triángulo, etcétera, a los que por conveniencia llamaré 1, 2, 3, 4, 5, 6. Diseñemos seis cartas diferentes, cada una de las cuales carece de un símbolo y tiene los otros cinco:

2	1	1	1	1	1
3	3	2	2	2	2
4	4	4	3	3	3
5	5	5	5	4	4
6	6	6	6	6	5
1	2	3	4	5	6

La última línea del esquema muestra el símbolo que falta.

Es claro que si a este grupo se le saca una carta, digamos, a la que le falte el símbolo 3; las cartas restantes del grupo sólo tendrán un símbolo en común, el 3.

También es claro que de ese modo pueden generarse seis grupos o mazos de cartas, cada uno distinto de los demás por su símbolo común. En una sesión preliminar de inducción se le da a cada siguiente participante uno de esos grupos con la tarea de identificar el símbolo común. Para responder se dan entre 20 y 40 segundos. En ese momento se les dice que en la situación experimental real cada uno de ellos sólo verá una carta y tendrá que inferir el símbolo común a través de sus interacciones con otros miembros del grupo.

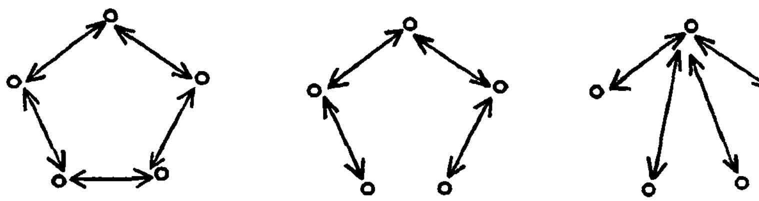
Espacio: consideremos dos cilindros pentagonales concéntricos, en los que el espacio entre ellos está subdividido en cinco compartimientos idénticos, cada uno de los cuales permite ubicar cómodamente a uno de los participantes sentado frente a un escritorio ancho y poco profundo. En la pared que está frente al escritorio hay espacios, unos abiertos, otros cerrados, a través de los cuales pueden enviarse mensajes y recibirse de otros participantes mediante tubos que están escondidos detrás de las paredes. El único modo en que los participantes pueden interactuar es a través de esos tubos, ya que paredes aisladas al sonido, etcétera, restringen otros medios.

Dos puntos cruciales en el diseño de este experimento son:

1. La posibilidad de especificar de antemano (desconocida por los participantes) la conectividad entre compartimientos, por ejemplo, entre los que aparecen en la figura 9; y

2. La posibilidad de mantener la comunicación a través de mensajes con papeles y lápices codificados por número y color.

FIGURA 9



Varios grupos conectados.

Experimento: una sesión comienza con los cinco participantes, sentados en sus compartimientos, que observan una carta de las cinco posibles. Pueden usar sus talonarios de notas para enviar a los demás cualquier mensaje, pregunta, respuesta o lo que sea. Cuando cada participante piensa que sabe cuál es el símbolo común, presiona el botón apropiado, uno de seis que tiene en su escritorio. La sesión termina cuando todos los participantes han presionado el mismo botón.

Resultados: aunque los experimentos dieron lugar a una gran cosecha de resultados, sólo me referiré a dos tipos de variables. Una tiene que ver con la conectividad, la otra con diferentes símbolos. La modificación de la conectividad, por ejemplo, de un 'círculo' (figura 9a) a una 'estrella (figura 9c), produce cambios muy impactantes en el rendimiento. Al variar los símbolos, los cambios fueron espectaculares. En un grupo de experimentos se usaron símbolos identificables en grupos conectados de distinta manera. En el otro grupo se introdujo 'ruido' en los canales de comunicación —tal vez deberíamos decir en los canales cognitivos— usando 'símbolos' que no sólo eran difíciles de distinguir, sino que ni siquiera tenían nombres: en vez de símbolos, se usaron bolitas con manchas diferentes.

Permítanme contarles primero lo que pasó en el experimento 'sin ruido' en el que los símbolos eran identificables y tenían nombre. Cuando a quienes formaron el 'círculo' se les preguntó cómo percibían su desempeño, etcétera, respondieron sin excepciones que se sentían bien, que lo habían hecho rápida y eficientemente, que tal vez pudieran haberlo hecho mejor, etcétera. Cuando se les preguntó si podían identificar un 'líder' en el grupo, el promedio de respuestas distribuyó ese 'liderazgo' igualmente entre las cinco posiciones.

La historia de quienes formaron la 'estrella' era casi opuesta a la de los 'circulares'. Aunque su desempeño fue más rápido que el del grupo circular, tenían un sentimiento de derrota. Se sentían lentos e ineficientes. Culpaban a algún 'idiota' del grupo por ello. El 94 por ciento de los participantes identificó al vértice de la conectividad como líder.

Dadas las diferencias de percepción sobre la ausencia o la presencia de liderazgo, Bavelas y sus colaboradores apodaron a estos dos esquemas de conexión 'democrático' y 'autoritario'.

¿Qué sucede cuando se introduce 'ruido'? Sorprendentemente (o quizá nada sorprendente), el grupo democrático trabaja casi igual de bien aunque algo más lentamente que antes. Sus miembros aún se sienten bien y piensan que lo hacen bien. El cambio dramático se da en los autoritarios: los grupos se desintegran, tarde o temprano, dependiendo de cuán 'extraños' sean los símbolos. Los participantes abandonan enojados, los 'idiotas' se multiplican, y unos y otros se echan la culpa. En realidad, cuando se estudian los registros, se observa que los que participan en el formato de estrella dejan rápidamente de hablar de símbolos y empiezan a calificarse unos a otros muy negativamente. Ocurre un fascinante desvío de la atención desde los comunicables hacia los comunicadores.

La diferencia con los 'demócratas' es fundamental. Lo que les permite continuar es la expansión del lenguaje. Como demuestra el registro, rápidamente inventan nombres para las cosas que parecen extrañas, algunos de ellos referenciales ('león', 'vaca', etcétera) o neologismos ('plops', 'bimbim', etcétera), nombres que descartan, modifican o mantienen; y cuando el grupo los adopta, el problema de encontrar *el símbolo* común, se transforma en encontrar *símbolos* comunes, ignorando objetos poco claros.

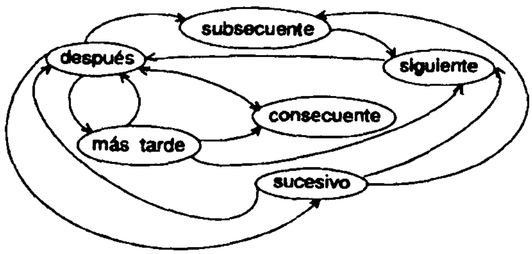
He comentado estos ejercicios con algún detalle porque creo que estos experimentos se prestan mucho para conectar las cuatro nociones, administración, autoorganización, evolución y lenguaje, en el sentido en que Malik y Probst recomiendan en su artículo.

No hay duda de que una de las tareas administrativas es generar un clima que promueva la comunicación. Uno de los resultados de los experimentos de Bavelas sugiere que las estructuras de interacción pueden facilitar o inhibir la comunicación. Parece ser que las pautas circulares de interacción recursiva son altamente resistentes a las perturbaciones. El punto importante, sin embargo, es que esta estabilidad no se da contraactuando contra las fuerzas perturbadoras sino utilizándolas como fuente de creatividad. Y finalmente, esos experimentos muestran nuevamente el significado del lenguaje en el proceso administrativo.[2]

Mi amigo el compositor Herbert Brun me enseñó una vez que "un lenguaje aprendido es un lenguaje perdido" [Brun 1983]. Pero aquí, en una de las situaciones de Bavelas, hay ejemplos de lenguaje en proceso de creación.

Desde el punto de vista del léxico, el lenguaje es un sistema cerrado: pregunten el significado de una palabra y obtendrán palabras. Quiero, por ejemplo, conocer el significado de 'subsecuente'. El diccionario [Mifflin 1966] me dice 'siguiente' (figura 10). Quiero saber qué significa eso, etcétera. La figura 10 nos dice a dónde lleva todo ello; uno podría decir a ninguna parte. ¿Puede uno escapar de esa trampa?

FIGURA 10



Red de relaciones de términos sinónimos.

Sugiero un camino que fue observado por el filósofo británico John Langshaw Austin. Él observó en nuestro lenguaje una familia peculiar

2 *Hermenet*, 1750 Union Street, San Francisco, California 94123, Atención del doctor F. C. Flores.

de expresiones que dicen lo que hacen; o quizá deberíamos decir, que hacen lo que dicen. ¿Cómo es eso?

Imagínense que ustedes están en un vehículo público atestado de pasajeros; sin quererlo, pisan los pies de alguien. Cortésmente, le dicen: 'Discúlpeme'.

La magia de esta expresión es que es una disculpa. Por razones obvias, Austin llamó a estas expresiones 'ejecutivas' [Austin 1961]. Una vez que somos conscientes de estas expresiones de nuestro lenguaje, se las ve aparecer más y más: 'prometo', 'declaro', etcétera. Consideren por un momento los hechos extraordinarios que suceden cuando en una ceremonia matrimonial el sacerdote dice: "Los declaro marido y mujer".

Cuando se enuncia esta fórmula, ellos son marido y mujer.

He traído a colación la noción de expresión ejecutiva al final de mi historia porque me lleva de nuevo —en forma apropiadamente recursiva— al comienzo. Ustedes recordarán la frase que decía de sí misma cuántas letras tenía. Cuando en verdad lo dice correctamente, la llamamos un valor-Eigen. Tal vez debería llamarla expresión-Eigen para hacer visible la relación con las expresiones ejecutivas. Sugiero que hay aquí una ventana a través de la que podemos saltar fuera del lenguaje.

De ahí que les pida que me permitan concluir con una referencia a su gentileza por haberme invitado, y a su paciencia por haberme escuchado, mediante una expresión ejecutiva: "¡Muchas gracias!"

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Austin, J. L. 1961. "Performative Utterances", *Philosophical Papers*, J. Urmson y G. Warnock compiladores, The Clarendon Press, Oxford.

Bavelas, A. 1952. ""Communication Patterns in Problem Solving Groups", *Cybernetics*, H. von Foerster compilador, Josiah Macy Jr. Foundation, Nueva York.

Brun, H. 1983. "Futility 1964", l. 5, b. 3, *Compositions*, Non Sequitur Records, Box 872, Champaign, Ill. 61820.

Davis, M. 1958. *Computability and Unsolvability*, McGraw-Hill, Nueva York.

Folgeman-Soulie, F., Goles-Chace, F. y Wissbuch, G. 1982. "Specific Roles of the Different Boolean in Random Networks", *Bulletin of Mathematical Biology* 44, 5, 715-730.

Gill, A. 1962. *Introduction to the Theory of the Finite State Machines*, McGraw-Hill, Nueva York.

Gunther, G. 1976. "Cybernetic Ontology and Transjunctional Operations", *Beitrage Zur Grundlegung einer Operationsfabigen Dialektik*, I, Gotthard Gunthers Gesammelte Werke, Felix Meiner Verlag, Hamburgo.

Hofstaedter, D. 1981. "Metamagical Themas", *Scientific American*, noviembre, 22-43.

Hofstaedter, D. 1982. "Metamagical Themas", *Scientific American*, enero, 12-382 y enero 16-28.

Malik, F. y Probst, G. J. 1982. "Evolutionary Management, Cybernetics and Systems", *International Journal of General Systems*, 153-174.

McCulloch, W. S. 1965. "A Heterarchy of Values Determined by the Topology of Nervous Nets", *Embodiments of Mind*, MIT Press, Cambridge.

Mifflin, Moughton. 1966. *The American Heritage Dictionary of the English Language*, Boston.

Pais, A. 1982. *'Subtle is the Lord...', The Science and the Life of Albert Einstein*, Oxford University Press, Nueva York.

Pask, G. 1969. "The Meaning of Cybernetics in the Behavioural Sciences", J. Rose compilador, *Progress in Cybernetics*, Gordon and Breach, Nueva York, 1, 15-44.

Turing, A. M. 1936-1937. "On Computable Numbers, with an Application to the Entscheindungsproblem", actas de la London Mathematical Society, 2, 42, 230-265.

Varela, F. G. 1975. "A Calculus of Self-reference", *International Journal of General Systems*, 5-24.

Von Foerster, H. 1981. "Foreword", *Rigor and Imagination, Essays on the Legacy of Gregory Bateson*, C. Wilder-Mott y J. Weakland compiladores, Pratger, Nueva York.

Von Foerster, H. 1982a. "On Constructing a Reality", *Observing Systems*, Intersystems Publications, Seaside, Ca.

Von Foerster, H. 1982b. "Objects: Tokens for (Eigen-) Behaviors", *Observing Systems*, Intersystems Publications, Seaside, Ca.

Walker, O. C. y Ashby, W. R. 1966 "On Temporal Characteristics of Behavior in Certain Complex Systems", *Kybernetik* 3, 2, 100-108.

Wittgenstein, L. 1953. *Philosophical Investigations*, G. E. Anscombe traductor, The MacMillan Company, Nueva York.