
LAS CIENCIAS DE LO ARTIFICIAL

HERBERT A. SIMON

PREMIO NOBEL
DE ECONOMIA 1978

editorial ATE



colección universitaria

LAS CIENCIAS DE LO ARTIFICIAL

HERBERT A. SIMON

A.T.E.

Título original: Sciences of the Artificial
Traducido por: Francisco Gironella

Edición digital: Sargont (2019)

©The Massachusetts Institute of Technology
por A.T.E. - 1973-1978 - Barcelona

Depósito Legal: B. 1457 - 1979
I.S.B.N. 84-85047-10-9

Printed in Spain
Impreso en España

SUMARIO

Prefacio

I. Ideas de los mundos naturales y artificiales

II. La psicología del pensamiento

III. La ciencia del diseño

IV. La arquitectura de la complejidad

Notas

PREFACIO

La invitación que se me formuló en la primavera de 1968 para hacerme cargo de las conferencias Karl Taylor Compton en el Massachusetts Institute of Technology me brindó la grata oportunidad de poder explicar y desarrollar con una cierta amplitud una tesis sobre la que se han centrado gran parte de mis estudios, al principio en el campo de la teoría de la organización, posteriormente en el de la ciencia de la administración y, últimamente, en el de la psicología.

La tesis es que hay ciertos fenómenos que son «artificiales» en un sentido muy específico: son como son únicamente porque hay un sistema que, por sus objetivos o sus fines, se amolda al medio en que vive. Si los fenómenos naturales tienen en sí un factor de «necesidad» a causa de su subordinación a la ley natural, los fenómenos artificiales poseen un factor de «contingencia», resultado de la maleabilidad que les confiere el medio.

La contingencia de los fenómenos naturales siempre ha despertado dudas acerca de si caen o no dentro del ámbito de la ciencia. Algunas veces estas dudas apuntan al carácter teleológico de los sistemas artificiales y a la consiguiente dificultad de desvincular prescripción de descripción. Ésta, a mi modo de ver, no es la dificultad auténtica. El verdadero problema consiste en demostrar cómo pueden formularse proposiciones empíricas en relación con sistemas que, en circunstancias totalmente distintas, serían completamente diferentes de como son.

Así que inicié mis estudios sobre organizaciones administrativas —hará de esto unos treinta años— me encontré de repente con el problema de la artificialidad casi en estado puro:

«...la administración no se diferencia de la representación teatral. La labor del buen actor consiste en conoceré interpretar su papel, por muy variado que pueda ser su contenido. La eficacia de la actuación dependerá de la eficacia de la obra y de la efi-

caja con que se interprete. La eficacia del proceso administrativo variará de acuerdo con la eficacia de la organización y la eficacia en sus funciones de los miembros que la integran». [*Administrative Behavior*, pág. 252].

¿Cómo, entonces, podrá formularse una teoría de la administración que abarque algo más que las reglas normativas de una buena actuación? Y, más concretamente, ¿cómo podrá formularse una teoría empírica? Mis escritos sobre la administración, particularmente en *Administrative Behavior* y en la parte IV de *Models of Man*, han buscado la respuesta a tales preguntas, demostrando que el contenido empírico de los fenómenos, las necesidades que aparecen por encima de las contingencias, arrancan de las ineptitudes del sistema de comportamiento para adaptarse plenamente al medio... a partir de los límites de la racionalidad, según yo los llamaba.

Dado que el estudio me condujo a otros campos, se me hizo evidente que el problema de la artificialidad no era privativo de la administración ni de las organizaciones, sino que invadía un radio mucho más amplio de cuestiones. La economía, ya que postulaba la racionalidad en el hombre económico, lo convirtió en el actor magníficamente dotado cuyo comportamiento podía revelar algunas de las exigencias que el medio le adjudicaba, aunque nada en relación con su carácter cognoscitivo. La dificultad debe, pues, desbordar los límites de la economía e irrumpir en todas aquellas facetas de la psicología que se relacionan con el comportamiento racional: pensar, resolver problemas, aprender.

Finalmente, creí vislumbrar en el problema de la artificialidad una explicación de la dificultad con que se ha tropezado para dotar a la ingeniería y a otras profesiones de una sustancia teórica distinta de la esencia de las ciencias que les servían de base. La ingeniería, la medicina, los negocios, la arquitectura y la pintura no se ocupan de lo necesario sino de lo contingente —no de cómo son las cosas sino de cómo podrían ser—. En resumen: del diseño o proyecto. La posibilidad de crear una ciencia o unas ciencias del dise-

ño es exactamente equivalente a la de crear una ciencia de lo artificial. Las dos posibilidades subsisten o se desmoronan al mismo tiempo.

Estos ensayos, pues, tratan de explicar la posibilidad de una ciencia de lo artificial y de ilustrar su naturaleza. Mis explicaciones al respecto no derivan de la administración, de la teoría de la organización ni de la economía, puesto que en otros lugares he tratado ya ampliamente de estas cuestiones. Por el contrario, mis ejemplos básicos han sido recogidos —en la segunda y tercera conferencias, respectivamente— en los campos de la psicología del conocimiento y del diseño industrial. Ya que Karl Compton fue un distinguido maestro de ingenieros al mismo tiempo que un distinguido científico, pensé que no sería impropio aplicar mis conclusiones acerca del diseño a la cuestión de la reelaboración del programa de la ingeniería.

En el curso de este estudio el lector descubrirá que la artificialidad interesa principalmente cuando se refiere a sistemas complejos que viven en medios complejos. Las materias de la artificialidad y de la complejidad se encuentran íntimamente ligadas. Por este motivo he incluido en esta obra un ensayo anterior —«La arquitectura de la complejidad»—, que desarrolla ampliamente ciertas ideas acerca de la complejidad, a las que no he podido aludir más que someramente en estas conferencias. Dicho ensayo fue publicado originariamente en diciembre de 1962, en *Proceedings of the American Philosophical Society*.

He procurado reconocer en las notas al pie de página, localizadas en los lugares oportunos del texto, las deudas específicas contraídas con otros autores. Una deuda mucho más cuantiosa es la que tengo con Allen Newell, a quien por espacio de más de un decenio he estado asociado para la composición de gran parte de mi obra y a quien dedico el presente volumen. Si en mi tesis hay cosas con las que no está de acuerdo, será probable señal de que estén equivocadas. Pese a ello, no podrá eludir su considerable carga de responsabilidad por lo que respecta al resto de la obra.

Lee W. Gregg reconocerá muchas ideas, sobre todo del capítulo segundo, como originadas en la labor realizada conjuntamente. Y muchos colegas, al igual que tantos estudiantes actuales y de tiempos pasados, han dejado también sus huellas en diferentes páginas de este texto. Entre los últimos quiero mencionar específicamente a L. Stephen Coles, Edward A. Feigenbaum, John Grason, Robert K. Lindsay, Ross Quillian, Laurent Siklossy, Donald S. Williams y Thomas G. Williams, cuya labor se relaciona particularmente con las cuestiones que aquí se tratan.

Las anteriores versiones del capítulo cuarto incorporaban valiosos datos y sugerencias aportados por George W. Corner, Richard H. Meier, John R. Platt, Andrew Schoene, Warren Wearer y William Wise.

Gran parte de los estudios acerca de psicología expuestos en el segundo capítulo fueron sufragados por el Public Health Service Research Grant (MH-07722) de los National Institutes of Mental Health, y parte de los estudios sobre diseño, expuestos en el tercer capítulo por la Advanced Research Projects Agency del Office of the Secretary of Defense (SD-146). Estas becas, al igual que la ayuda anteriormente prestada por la Corporación Carnegie y la Fundación Ford, permitieron que en el Carnegie-Mellon pudiéramos proseguir a lo largo de un decenio nuestras avanzadas exploraciones hacia la comprensión de los fenómenos artificiales.

Finalmente, quiero agradecer al Massachusetts Institute of Technology, la oportunidad de preparar y presentar estas conferencias, así como la ocasión de haber podido establecer un contacto más próximo con los estudios sobre las ciencias de lo artificial, que en la actualidad se realizan en el M.I.T.

*Herbert A. Simón
Pittsburgh, Pennsylvania
2 de abril de 1968*

I. IDEAS DE LOS MUNDOS NATURALES Y ARTIFICIALES

Transcurridos unos tres siglos después de Newton, nos encontramos plenamente familiarizados con el concepto de ciencia natural o, más claramente, con las ciencias físicas y biológicas. Una ciencia natural es un cuerpo de conocimientos relacionados con una cierta clase de cosas —objetos o fenómenos— del mundo: características y propiedades que poseen, cómo se comportan y actúan en sus mutuas relaciones.

FIGURA 1. La ley del plano inclinado.

La viñeta concebida por Simón Stevin para ilustrar su deducción de la ley.

La labor básica de una ciencia natural consiste en convertir lo desusado en corriente: demostrar que la complejidad, correctamente enfocada, no enmascara más que la simplicidad, encontrar la pauta que se oculta en el caos aparente. El antiguo físico holandés Simón Stevin demostró, por medio de un elegante dibujo (figura 1), que la ley del plano inclinado se desprende en «forma evidente por sí misma» de la imposibilidad del movimiento continuo, puesto que la experiencia y la razón nos dicen que la cadena de bolas que aparece en el dibujo no giraría ni hacia la derecha ni hacia la izquierda, sino que permanecería estática. (Como la rotación no alteraría nada en la figura, de moverse la cadena, se movería continuamente.) Como la parte colgante de la cadena lo es en forma simétrica, podemos cortarla sin alterar el equilibrio. Pero ahora las bolas del lado largo del plano equilibran las del lado corto y más empinado; y sus números respectivos están en razón inversa de los senos de los ángulos según los cuales se inclinan los planos.

Stevin estaba tan encantado con su construcción que formó con ella una viñeta, sobre la cual escribió: WONDER,

EN IS GHEEN WONDER, que quiere decir: «Maravilloso, pero no incomprendible.»

Esta es la función de la ciencia natural: demostrar que lo maravilloso no es incomprendible, demostrar cómo puede ser comprendido... sin anular lo que tiene de maravilloso. Puesto que, así que hemos explicado lo maravilloso, desvelando su pauta escondida, surge un nuevo objeto de maravilla al ver en qué forma la complejidad se entreteje con la simplicidad. La estética de la ciencia natural y de las matemáticas se da 1a. mano con la estética de la música y de la pintura: ambas se apoyan en el descubrimiento de una pauta parcialmente oculta.

El mundo en el que actualmente vivimos es más un mundo creado por el hombre, un mundo artificial, que un mundo natural. Casi todos los elementos que nos rodean dan testimonio del artificio humano. La temperatura en la que pasamos la mayor parte del tiempo se mantiene artificialmente a 21°C, el aire que respiramos es empobrecido o enriquecido con una cantidad de humedad y las impurezas que inhalamos son producidas —y filtradas— en gran parte por el hombre.

Además, para la mayor parte de nosotros —los que llevamos cuello blanco— la parte importante del medio consiste principalmente en hileras de artificios, apodados «símbolos», que recibimos a través de ojos y oídos bajo la forma de lenguaje escrito y hablado y que, por nuestra parte, como hago yo ahora, vertemos al ambiente por medio de la boca o de la mano. Las leyes que rigen estas hileras de símbolos, las leyes que rigen las ocasiones en que los emitimos y los recibimos, las determinantes de su contenido son, todas ellas, consecuencia del artificio colectivo.

Se me podrá objetar que exagero la artificialidad de nuestro mundo. El hombre debe obedecer la ley de la gravedad con la misma seguridad que una piedra, y él es un organismo vivo que, para su alimentación y muchos otros apetitos, depende del mundo de los fenómenos biológicos. Me confesaré culpable de exageración, aunque puntualizando que la exageración es leve. Decir que un astro-

nauta, o incluso un piloto de avión, obedece la ley de la gravedad, es decir, un fenómeno perfectamente natural, es una verdad; si bien esta verdad exige cierta sofisticación por lo que se refiere a «obedecer» una ley natural. Aristóteles no tenía por hecho natural que las cosas pesadas subiesen o que las ligeras cayesen (*Física*, Libro IV); pero consideramos que nuestro concepto de lo «natural» es más profundo que el suyo.

Debemos tener, además, buen cuidado de no equiparar lo «biológico» con lo «natural». Un bosque puede ser un fenómeno de la naturaleza; en tanto que una granja no lo es. Las mismas especies de las que el hombre depende para su alimentación —el trigo y el ganado— son artificios de su ingenio. Un campo labrado no es más elemento de la naturaleza que una calle asfaltada... ni tampoco lo es menos.

Estos ejemplos fijan las cotas de nuestro problema, ya que lo que llamamos artificio no es nada ajeno a la naturaleza. Son cosas que no están en posesión de una dispensa para ignorar ni violar la ley natural. Al mismo tiempo, se adaptan a los objetivos y propósitos del hombre. Son como son para satisfacer sus deseos de volar o de bien comer. Así que varían los objetivos del hombre, varían también sus artificios. Y viceversa.

Si la ciencia debe abarcar estos objetos y fenómenos en los que está englobada la finalidad del hombre, así como la ley natural, es porque debe contar con unos medios para relacionar estos componentes dispares. El carácter de estos medios y sus implicaciones en ciertos campos del conocimiento —psicología e ingeniería, particularmente— constituye el tema central de los tres primeros capítulos.

Lo artificial

La ciencia natural es conocimiento de los objetos y fenómenos naturales. Nos preguntamos si no podría existir también una ciencia «artificial»: conocimiento de los objetos y fenómenos artificiales. Por desgracia, el término «artificial»

tiene un matiz peyorativo del que debemos prescindir antes de seguir adelante.

El diccionario que yo tengo define por «artificial»: «Producido por el arte más que por la naturaleza; no genuino ni natural; afectado; ajeno a la esencia de la cuestión.» Como sinónimos de la palabra, propone: afectado, ficticio, simulado, espurio, engañoso, no natural. Como antónimos, enumera: verdadero, genuino, honrado, natural, real, verdadero, no afectado. Hasta nuestro mismo lenguaje parece reflejar la profunda desconfianza que nos inspiran nuestros propios productos. No trataré de afirmar la validez de tal evaluación ni tampoco explorar sus posibles raíces psicológicas. No obstante, habrá que entenderse el sentido en que empleo el término «artificial» como el más neutro posible: para indicar algo hecho por el hombre, opuesto a natural.⁽¹⁾

En ciertos contextos hacemos una distinción entre «artificial» y «sintético». Una gema, por ejemplo, que fuese un vidrio teñido de un color semejante al del zafiro, se llamaría artificial, mientras que una gema hecha por el hombre y que, químicamente, no pudiese distinguirse del zafiro se diría que es sintética. Suele hacerse una distinción similar entre goma «artificial» y «sintética». Así pues, algunas cosas artificiales son imitaciones de cosas existentes en la naturaleza, y la imitación puede servirse tan pronto de los mismos materiales básicos que posee el objeto natural como de materiales completamente diferentes.

Así que introducimos la «síntesis» y el «artificio», penetramos en el reino de la ingeniería. Porque «sintético» se suele utilizar en el sentido más amplio de «diseñado» o «compuesto». Hablamos de ingeniería como de algo que se ocupa de la «síntesis» en tanto que ciencia se ocupa del «análisis». Los objetos sintéticos o artificiales y, más específicamente, los objetos artificiales previstos, con unas propiedades determinadas, constituyen el objeto básico de las actividades y habilidades de la ingeniería. El ingeniero se ocupa de cómo *debieran* ser las cosas. Es decir, de cómo *debieran* ser para *conseguir unos fines y funcionar*. De ahí

que una ciencia de lo artificial sea tan afín a una ciencia de la ingeniería, si bien al mismo tiempo tan diferente —como se verá en el tercer capítulo— de lo que se entiende normalmente con el nombre de «ciencia de la ingeniería».

Con los «fines» y con el «cómo debe ser algo» presentamos en escena la dicotomía entre normativo y descriptivo. La ciencia natural ha encontrado un camino para excluir lo normativo y ocuparse únicamente de cómo son las cosas. ¿Podemos o debemos mantener esta exclusión al pasar de fenómenos naturales a artificiales, del análisis a la síntesis?⁽²⁾

Ahora bien, hemos identificado cuatro indicios que distinguen lo artificial de lo natural; de ahí que podamos fijar los límites de las ciencias de lo artificial:

1. Las cosas artificiales están sintetizadas por el hombre (aunque no siempre ni normalmente con plena premeditación).
2. Las cosas artificiales pueden imitar la apariencia de las naturales y carecer, a un tiempo, de la realidad de las últimas, ya sea en un aspecto o en muchos.
3. Las cosas artificiales pueden caracterizarse según sus funciones, objetivos y adaptación.
4. Las cosas artificiales suelen considerarse, especialmente al ser diseñadas, como imperativas y como descriptivas.

El medio ambiente como molde

Examinemos un poco más de cerca el aspecto funcional u objetivo de las cosas artificiales. El alcance de un fin o la adaptación a un objetivo supone una relación entre tres factores: el propósito o finalidad, el carácter del artificio y el medio en el que dicho artificio deba actuar. Cuando pensamos, por ejemplo, en un reloj en cuanto al propósito que cubre, podemos servirnos de la definición infantil: «el reloj sirve para decir qué hora es». Si centramos nuestra atención en el reloj, podemos describirlo atendiendo a la disposición de sus engranajes, a la aplicación de las fuerzas de

los muelles o a la gravedad que actúa sobre un peso o un péndulo.

Pero podemos también considerar los relojes en relación con el ambiente en que deben utilizarse. Los relojes de sol funcionan como relojes en aquellos países donde hay sol, son más útiles en Phoenix que en Boston y de ninguna utilidad durante el invierno ártico. Idear un reloj capaz de medir el tiempo en un barco moviéndose a merced del oleaje y con la precisión necesaria para determinar la longitud constituyó una de las grandes hazañas de la ciencia y de la técnica del siglo XVIII. Para funcionar en un ambiente tan adverso, el reloj debe reunir muchas propiedades sutiles, algunas de ellas totalmente ajenas al funcionamiento de un reloj corriente.

La ciencia natural incide en un artificio a través de dos de los tres factores de la relación que lo caracteriza: la estructura del artificio propiamente dicho y el medio en que actúa. Que un reloj mida realmente el tiempo depende de su construcción interior y del lugar en donde esté situado. Que un cuchillo corte depende del material de que esté hecha su hoja y de la dureza de la sustancia a la que se aplique.

El artificio como contacto

Podemos enfocar la cuestión de forma simétrica. Es posible imaginar un artificio como punto de unión —«contacto» en términos actuales— de un medio «interior», sustancia y organización del artificio propiamente dicho, y un medio «exterior», las proximidades donde actúa. Cuando el medio interior está adecuado al medio exterior, o viceversa, el artificio cubre la finalidad a la que se le destina. Así, pues, si el reloj es inmune al cabeceo, podrá servir como cronómetro en un barco. (Y a la inversa, si no lo es, podremos salvarlo colocándolo en la repisa de la chimenea de nuestra casa.)

Obsérvese que esta forma de ver los artificios es también válida para muchas cosas no hechas por el hombre; de

hecho, para todas aquellas cosas que pueden considerarse «adaptadas» a una situación y, de modo particular, a aquellos sistemas vivos que han evolucionado a través de las fuerzas de la evolución orgánica. Hay una teoría del avión que se aproxima a la ciencia natural para una explicación de su medio interno (la instalación eléctrica, por ejemplo), de su medio externo (el tipo de atmósfera a diferentes alturas) y la relación existente entre sus medios interno y externo (el movimiento de una capa de aire a través de un gas). No obstante, una teoría del pájaro podría dividirse exactamente de la misma forma.^{3}

Dado un avión, o dado un pájaro, podemos analizarlos con los métodos de la ciencia natural sin tener para nada en cuenta su propósito o adaptación, sin referencia ninguna al contacto entre lo que he llamado los medios interno y externo. Después de todo, su comportamiento está tan regido por la ley natural como el comportamiento de otra cosa cualquiera (o, cuando menos, todos nosotros así lo pensamos con respecto al avión y, la mayoría, con respecto al pájaro).

Explicación funcional

Por otra parte, si bien la división entre medio interno y externo no es necesaria para el análisis de un avión o de un pájaro, por lo menos resulta muy conveniente. Existen varias razones que abonan este punto y que se harán evidentes con los ejemplos.

Muchos animales del Ártico tienen pelo blanco. Por lo general, nos explicamos este detalle diciendo que el blanco es el mejor color para el medio ártico porque los seres de color blanco se detectan mucho más difícilmente que aquellos cuyo color no es éste. Ésta, por supuesto, no es una explicación propia de la ciencia natural, sino una explicación referida al propósito o función. Afirma simplemente que éste es el género de criaturas que «actuarán», es decir, que sobrevivirán en este tipo de medio. Para transformar esta manifestación en explicación habría que añadirle una