

Artículo especial

## ¿Es posible construir un algoritmo del alma humana?<sup>1</sup>

ROBERTO DEVOTO<sup>2</sup>

---

Se examina la posibilidad de construir un algoritmo programable para una computadora que genere comportamientos indistinguibles de los comportamientos humanos. Se expone primero el concepto de algoritmo y, luego, se argumenta a favor de lo propuesto. Finalmente, se arriesga una opinión sobre las limitaciones de tal proyecto.

**Palabras clave:** Algoritmo – Computación – Comportamiento.

### **Is an Algorism of the Human Soul Likely to be Constructed?**

The possibility of constructing a computer programmable algorism able to generate behaviors indistinguishable from human behaviors is envisioned. First, a concept of algorism is offered, this proposal is discussed, and, lastly, limitations to such a project are considered.

**Keywords:** Algorism – Computer Science – Behavior.

---

1 Trabajo publicado en *Acta Psiquiátrica y Psicológica de América Latina*. 1992; 38(2): 103-111.

2 Lic. Roberto Devoto. Físico. Prof. Titular de Métodos Matemáticos, Universidad Tecnológica de Buenos Aires. Buenos Aires, R. Argentina.

### 1. ¿Qué es y para qué sirve un algoritmo?

Estrictamente hablando, un algoritmo es un procedimiento de cálculo.<sup>3</sup> Por ejemplo: si se importa un número de ejemplares  $N_0$  de una especie viva a un medio ecológicamente favorable en el que no tenga enemigos, esa población crecerá en número limitada exclusivamente por la disponibilidad de recursos, como pueden ser el agua, los alimentos, el espacio, etc. ¿Cómo calcular entonces cuántos ejemplares  $N_1$  habrá al cabo de un año?, ese problema se resuelve bastante bien con el modelo de Verhulst también conocido como modelo logístico:

$$N_1 = a \cdot N_0 - b \cdot N_0^2 \quad (1)$$

en donde las letras  $a$  y  $b$  son números constantes llamados parámetros del modelo y cuyos valores dependen de la especie en cuestión y del nicho ecológico en el que se está desarrollando. Calculado el tamaño al cabo de un año se puede ahora calcular el tamaño al año siguiente, (es decir dos años después de la importación), reiterando la aplicación de la misma fórmula, pero comenzando con los valores  $N_1$  correspondientes a la finalización del primer año

$$N_2 = a \cdot N_1 - b \cdot N_1^2 \quad (2)$$

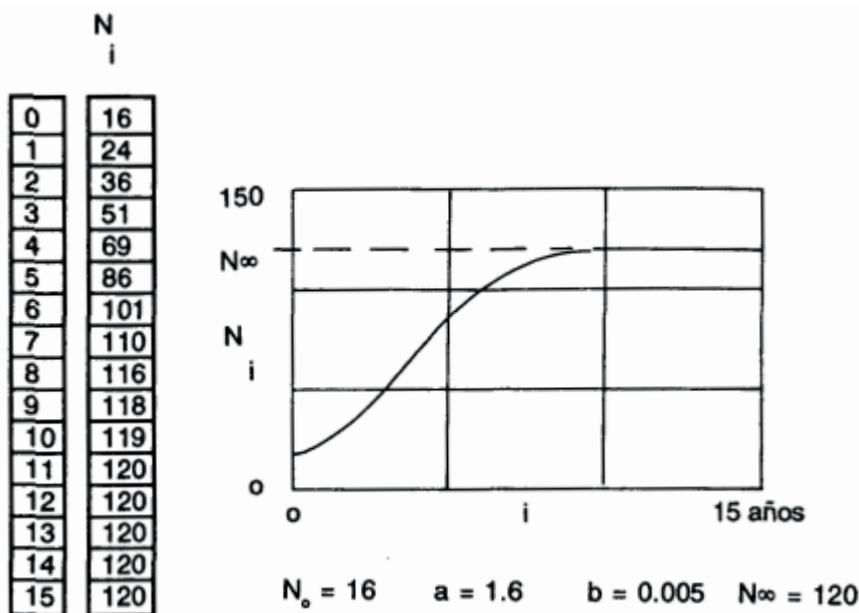
y en general

$$N_{i+1} = a \cdot N_i - b \cdot N_i^2 \quad (3)$$

La fórmula (1) junto con el procedimiento de reiterar el cálculo año tras año permite conocer con mucha aproximación la evolución futura de la población y constituye por lo tanto un algoritmo.

A veces así se descubren cosas obvias, como por ejemplo que la especie tiene en ese nicho un tamaño máximo  $N_\infty$  al que se acercará asintóticamente mientras se mantengan las condiciones Fisicoquímicas y biológicas que dieron por resultado un valor determinado de los parámetros  $a$  y  $b$ .

<sup>3</sup> Por extensión se utiliza también para referirse a todo procedimiento perfectamente establecido para resolver un problema determinado o para dar una respuesta a una excitación dada, sea ese procedimiento un cálculo o no.



Otras cuestiones no son tan obvias como el hecho de que ese algoritmo sirve también para describir la evolución de un producto o de un servicio nuevo en un mercado, como pueden ser los lavaderos familiares o los video clubes.

La tabla y el gráfico muestran un ejemplo de un típico proceso logístico.

Estos algoritmos sirven especialmente para *simular*, ya que se pueden programar para una computadora y, haciendo correr el programa, reconstruir la historia de la especie o pronosticar el comportamiento futuro. Como esto se puede hacer para distintos valores de los parámetros  $a$  y  $b$ , o de las condiciones iniciales  $N_0$  es posible tener una imagen de cómo sería la evolución de esa población bajo diferentes condiciones ambientales sin hacer necesariamente la experiencia, cosa que, por otra parte, sería imposible en la mayoría de los casos.

Se trata en realidad de una verdadera «experimentación numérica», un nuevo método para entender que se agrega a los tradicionales de la experimentación real y la teorización.

Las situaciones reales son, por supuesto, mucho más complejas que las que pueden representar los algoritmos actuales por lo que se podría creer que este método es capaz de describir aceptablemente el comportamiento de sistemas reales sólo cuando éstos son muy simples. Las cosas no son tanto así. En Barcelona se ha desarrollado un programa, el *Barcelonagrama* capaz de simular el comportamiento *individual* de hasta 100.000 ejemplares distribuidos entre 10 especies bajo diferentes condiciones de provisión de energía. Este programa sigue uno a uno la vida de cada individuo desde que nace hasta que muere y toma decisiones según reglas de juego individuales a las que agrega una componente azarosa. Se trata de una verdadera selva electrónica.

No obstante la enorme complejidad del *Barcelonagrama* o de otros programas aún más ambiciosos, *un algoritmo siempre es una simplificación de la realidad*. Una sombra de la realidad. La inversa de la concepción de Platón para quien la realidad era sólo una sombra de las ideas en el fondo de una caverna: hoy los algoritmos son sombras de la realidad en el fondo de las computadoras. Prosperan porque sirven para *comprender y operar la realidad*. Se acepta pagar el precio de la simplificación para lograr el entendimiento y, en consecuencia, la manipulación.

Como es frecuente, el concepto de algoritmo desbordó su humilde origen. Por extensión hoy llamamos algoritmo a todo procedimiento eficaz establecido en detalle para:

- a) Resolver una clase de problemas.
- b) Describir o generar un comportamiento.

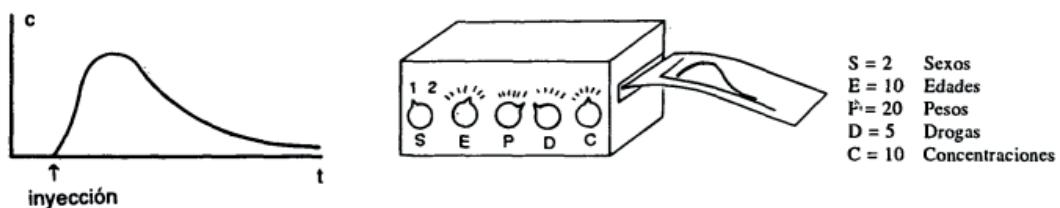
Dos ejemplos más complejos ayudarán a entender el concepto de algoritmo.

A) Se inyecta una droga a un paciente y se quiere conocer la concentración de la misma en un determinado tejido en función del tiempo.

Esto puede hacerse mediante una larga investigación experimental archivando luego los resultados en forma literal, numérica o gráfica. Habrá que hacer experiencias con personas de distinto sexo, edad y peso, así como habrá que experimentar también con distintas drogas y concentraciones. Cada caso daría origen a un gráfico. Si se supone que se hace esa investigación para 5 drogas ( $D = 5$ ), se dividen las edades en 10 clases ( $E = 10$ ), los pesos en 20 ( $P = 20$ ), y se ensaya con 10 concentraciones ( $C = 10$ ) y, recordando que hay dos sexos ( $S = 2$ ), habría que completar  $N = S.E.P.D.C. = 20.000$  gráficos. Si además se supone que, como mínimo, habría que hacer 10 experiencias para cada caso, el proyecto completo exigiría unas 200.000 experiencias y el producto de tamaño esfuerzo sería un gran manual con esos 20.000 gráficos todos muy parecidos a la figura de más abajo.

Ese manual ya sería un esbozo de algoritmo desde el momento que puede resolver una clase de problema como el planteado, pues contiene toda la información necesaria y también el procedimiento para utilizarla. En realidad es un catálogo pues, para ser un verdadero algoritmo, es necesario que haya alguna compresión de la información. ¿Se podrá comprimir toda la información contenida en ese inmenso manual? En este caso sí porque la evolución de la concentración de una droga en un tejido de una persona en función del tiempo tiene el mismo aspecto o aspectos parecidos para casi todas las personas, las diferentes drogas y distintas concentraciones. Se puede entonces hacer un modelo matemático y un programa de computadora tal que, ingresando los datos de sexo, edad, peso, droga y concentración, grafique muy aproximadamente la curva que representa la evolución buscada. Ese programa junto con la computadora actuaría como una «máquina generadora de comportamientos» a la cual hay que alimentar sólo con los valores de los 5 parámetros. Además, el programa ocuparía sólo unas pocas páginas de órdenes (instrucciones) en algún lenguaje de computación. Este dispositivo sí constituye un verdadero algoritmo porque cumple con los dos requisitos básicos:

1. Tiene validez para todo un universo de casos.
2. Ha comprimido la información contenida en el inmenso manual.

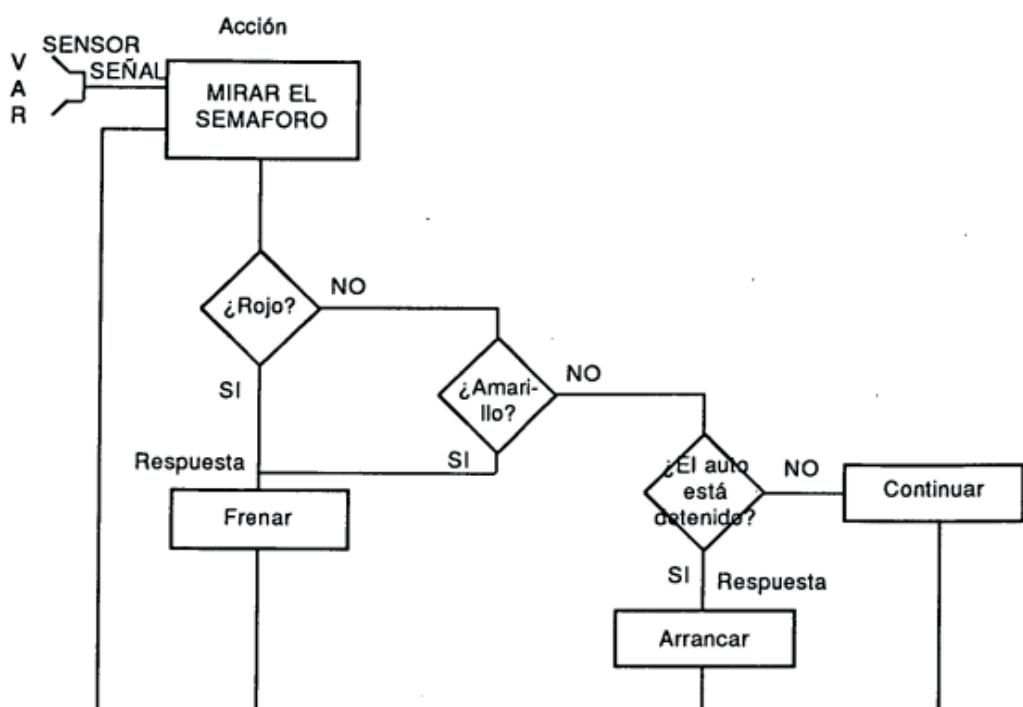


### B) Respuesta frente a un semáforo.

Un segundo ejemplo más interesante es el de un algoritmo capaz de generar un comportamiento como respuesta a señales externas, como puede ser el algoritmo que controla el comportamiento de un robot que conduce un automóvil y debe decidir qué hacer frente a un semáforo cualquiera y en cualquier estado en el que éste se encuentre.

En este caso, la máquina que ejecuta el algoritmo tiene que disponer no sólo de un programa interior sino también de un sensor de señales externas capaces de influir en la respuesta de la máquina; es decir, en el comportamiento generado.

En este caso la respuesta, es decir el comportamiento, está determinado por sus «órdenes interiores» que no puede transgredir y por las señales que le envía permanentemente el mundo exterior y que la máquina puede percibir y procesar.



Nuevamente es fácil advertir que la «máquina algorítmica» tiene validez universal desde el momento en que es apta para actuar frente a cualquier semáforo y con cualquier señal que éste envíe, y también que ha comprimido la información porque el programa correspondiente al diagrama de comportamiento de más arriba es muchísimo más corto que un catálogo de respuestas para cada semáforo y cada color.

Por supuesto, no siempre se puede comprimir la información. Un algoritmo para generar el «Quijote» seguramente no puede ser otro que la misma novela entera y tal cual ha sido escrita. En cambio un largo mensaje como la sucesión de las 2000 letras siguientes: abababab... se puede comprimir con el siguiente algoritmo de sólo 20 símbolos: «escriba 1000 veces ab».

¿Cómo aplicar las ideas anteriores al tema de esta reflexión sobre el alma humana? *El alma humana se manifiesta sólo por el comportamiento de la persona que «carga» con esa alma.* De hecho, lo único físico que se tiene de la supuesta alma es el comportamiento de la persona conducida por ella. El alma entonces se comporta como una «máquina» generadora de ese comportamiento y, como el comportamiento puede ser descrito en forma muy aceptable de manera verbal, se puede interpretar el alma humana como *generadora de mensajes verbales*.

La manifestación de esa máquina no observable sería entonces la crónica de la vida de su portador. Esa máquina tendría un programa en memoria ROM (*Read Only Memory*) al que ingresan sucesivamente señales desde el exterior por algunos sensores. Según sean esas señales, el programa genera uno u otro mensaje. El programa podría tener opciones del siguiente tipo: si se recibe una cierta señal cuando todo el sistema está en un determinado estado el programa selecciona un subprograma de entre varios que contiene, de tal manera que algunos ya no sean más accesibles. Así la historia personal junto con el programa en ROM que no puede modificarse va determinando la personalidad del individuo conducido por esa máquina. Un programa con esas características no es muy difícil de hacer y no se puede negar que sería un algoritmo muy «humanizado».

Ahora bien, para que esto tenga algún sentido las máquinas de personas diferentes tendrían que ser parecidas. Al menos las de aquellas personas que pertenezcan a una cultura con una historia común. Habrá diferencias desde luego, pero no podrán ser *radicalmente diferentes* porque, de ser así, no habría una «teoría psicológica» sino tantas como personas. Es lo que ocurre con los automóviles. Las distintas marcas y modelos son diferentes pero no radicalmente diferentes. Si fuera así no existirían los mecánicos.

Es hora de intentar la primera crítica a todo esto: el cerebro humano, posible asiento material o *hardware* del alma humana es el sistema físico más complejo conocido. Eso permite que se encuentre en el «mercado» una variedad casi tan amplia como el número de ejemplares de la especie. Es cierto que son todos diferentes pero también es cierto que no son radicalmente diferentes. Son entonces *parecidos*. Cualquier algoritmo que se intente construir ha de basarse en los parecidos más que en las diferencias si se quiere hacer una máquina con alguna pretensión de universalidad.

Será entonces un algoritmo «de confección» que, aunque no le queda muy bien a nadie, llegado el caso todos o casi todos podrán usar. Si se tiene suerte y habilidad como constructores de algoritmos se llegará a hacer una máquina de «media confección», sin terminar, con el fin de hacer los últimos ajustes sobre el individuo en cuestión, sea éste cliente o paciente.

En cambio, un algoritmo «a medida» que sea muy eficaz para determinada persona difícilmente le serviría a los demás.

¿Cómo resumiría todo esto un ingeniero de sistemas? Él diría aproximadamente lo siguiente:

- 1) Todo *comportamiento* es equivalente a un mensaje.
- 2) El *alma humana* se manifiesta por el *comportamiento* de su portador; por lo tanto, todo lo observable que se tiene de ella es un largo mensaje: la crónica de todas las horas de su vida.
- 3) La cuestión que se plantea es entonces la de si será posible construir un *programa* de computadora, esto es, una máquina, tal que:



- a) ingresando los valores de varios *parámetros* antes de ponerla a funcionar, y
- b) ingresando, a medida que funciona, todas las señales que recibe desde el exterior a partir del comienzo de su vida (*señales históricas*) la máquina *genere un mensaje verbal* que reproduzca aproximadamente la crónica del comportamiento más significativo de la persona representada.
- c) cambiando los parámetros de entrada y las señales históricas, la máquina emita el mensaje correspondiente a *otra persona* cualquiera y en *otras circunstancias* de un grupo con cierta homogeneidad cultural.
- d) el programa sea un *mensaje mucho más corto* que tales crónicas.

Si eso fuera posible, entonces una *teoría algorítmica de media confección del alma humana* sería la *ingeniería de esa máquina*. Si esto no se puede hacer ni se puede considerar posible, entonces se debe aceptar también la imposibilidad de hacer una teoría del alma humana que tenga alguna validez general y habría que tratar a cada persona no como un caso particular sino como un caso singular sin parentesco alguno con ninguna otra.

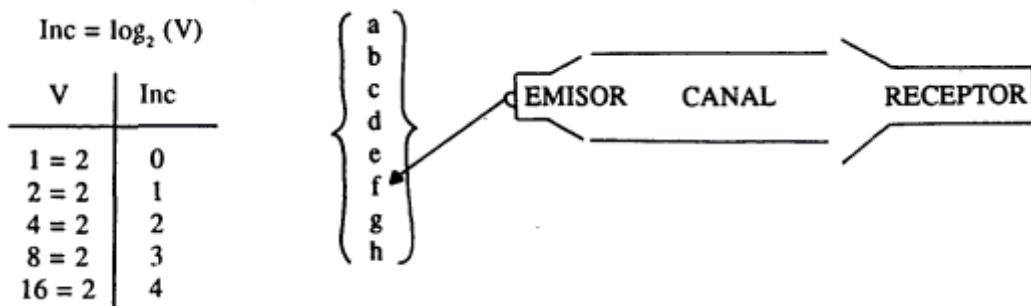
Al parecer ésa no es la situación porque, de serlo, no existiría el teatro ni la novela ya que, en ambos casos, se mostrarían personas tan ajenas a los espectadores o a los lectores que nada significarían los dramas en el escenario para quienes están en la platea. Es lo que ocurre cuando un espectador occidental típico asiste, por ejemplo, al teatro Kabuki. El teatro y la novelística universal de una cultura ya son un esbozo de algoritmo pues cumplen claramente con las dos condiciones básicas expuestas: a) universalidad, b) contracción de la información.

## **2. La complejidad algorítmica y su medición**

La medida de la complejidad de un mensaje verbal está relacionada con la información que el mensaje contenga. La pregunta entonces es: ¿cuánta información hay en un mensaje verbal?

La información contenida en un mensaje depende del conjunto de mensajes posibles que el Receptor espera poder recibir, es decir de su «incertidumbre» ( $I_{nc}$ ). Si el número de distintos mensajes posibles, también llamado «variedad» ( $V$ ) es de sólo uno ( $V = 1$ ) entonces la incertidumbre es nula ( $I_{nc} = 0$ ). Por motivos que no vienen al caso la incertidumbre se define como el logaritmo en base 2 de la variedad  $V$ : imagínese por simplicidad que se emiten mensajes de una sola letra seleccionados de un alfabeto de 8 letras. La variedad en ese caso es  $V = 8$ , luego la incertidumbre será  $I_{nc} = 3$ . Si el Emisor envía un mensaje de una letra por ejemplo la  $f$ , cuando ese mensaje llega al Receptor la incertidumbre se anula,  $I_{nc} = 0$ . Ha habido una variación en el estado de incertidumbre del Receptor de 3 a cero, es decir de menos 3. Si la incertidumbre disminuyó en tres es porque se recibió una información de valor tres. Se define entonces la información ( $I$ ) de un mensaje como la variación que se produce en el estado de incertidumbre del Receptor cambiada de signo:

$$I = -(I_{nc, \text{final}} - I_{nc, \text{initial}}) = -(0 - 3) = 3 \text{ bits}$$



La palabra *bit* se ha puesto junto al número 3 porque ése es el nombre de la unidad de información. Esta unidad se define como «la información *mínima* necesaria para reducir la variedad a la mitad»

Si  $V(\text{final}) = V(\text{initial})/2$  entonces  $I = 1 \text{ bit}$

Esto es equivalente a reducir la incertidumbre en una unidad, como se muestra en el siguiente ejemplo:

$$\begin{array}{ll} V(\text{initial}) = 8 & I_{nc}(\text{initial}) = 3 \\ V(\text{final}) = 4 = 8/2 & I_{nc}(\text{final}) = 2 \end{array}$$

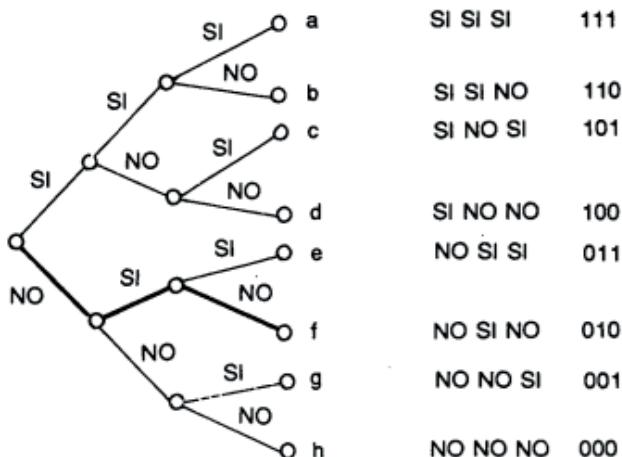
De manera que si el Receptor hace preguntas al Emisor, tales que si éste responde por sí o por no, la variedad se reduce a la mitad y la incertidumbre se reduce en una unidad, la respuesta a cada una de esas preguntas tiene un contenido de información de un *bit*.

Es interesante ver cómo se pueden hacer esas preguntas para recibir una letra porque eso mostrará que cualquier mensaje puede ser transmitido como una sucesión de ceros y de unos. Para ello el Receptor repite una misma pregunta de un *bit* tantas veces como sea necesario hasta saber que letra eligió el Emisor para transmitir. Supóngase que se trata de la letra  $f$ . La pregunta es: ¿la letra está en la mitad superior del alfabeto restante?

Cualquiera sea la respuesta el alfabeto esperado se reduce a la mitad, como muestra el diagrama. Por lo tanto cada una de esas preguntas vale un *bit* de información. Si a las respuestas «Sí» se las representan con un «1» y a las respuestas «NO» con un «0» es evidente que transmitiendo la sucesión «010» el Receptor recibe la letra «f». Así por ejemplo la palabra «acceda» se transmitiría mediante la sucesión: «111101101011100111», lo que contiene 18 *bits* de información.

Por lo tanto, cualquier mensaje puede ser enviado como una sucesión de ceros y de unos conteniendo cada uno de ellos un *bit* de información. Muchas veces un mensaje puede emitirse de más de una manera, utilizando unas más *bits* que las otras. Por ejemplo el mensaje 6+6+6+6+6+6+6 puede ser generado por 6x7: es un algoritmo que genera el mismo mensaje anterior pero utiliza menos *bits*. Se ha producido entonces una contracción en el número de *bits* pero manteniendo la misma información, lo que significa que la forma anterior era redundante.

Desde luego ha de haber un número mínimo de *bits* por debajo del cual el mensaje es ininteligible, mientras que, por arriba, es redundante; por ejemplo. «alq. dpto. 3 amb.» es una contracción del mensaje redundante «alquilo departamento de 3 ambientes». Si en cambio se escribe «a. D. 3 a.», el mensaje inicial no se puede reconstruir.



**Cada nodo es una pregunta**

Con las ideas expuestas ya se puede definir la complejidad de un mensaje. Según la Teoría Algorítmica de la Complejidad de Kolmogorov y Chaitin: «La complejidad algorítmica de un mensaje es el número de *bits* del programa de computadora más corto que, al ser ejecutado, reproduzca ese mensaje».

Ahora bien, si la función de un sistema es generar comportamientos y todo comportamiento puede ser descrito verbalmente en un lenguaje apropiado, es evidente que generar comportamientos equivale a generar mensajes, de manera que es razonable medir la complejidad algorítmica de un sistema generador de comportamientos por la complejidad algorítmica de los mensajes que verbalizan esos comportamientos.

La complejidad del alma humana sería entonces la longitud en *bits* del programa de computadora más corto que pudiera generar los mensajes que describan el comportamiento de todas o casi todas las personas de una misma cultura.

### 3. Historia versus algoritmos: una opinión

La Historia, considerada como una sucesión de crisis más que como un simple transcurrir del tiempo, *individua al sistema*, sea éste una sociedad o una persona. La individuación consiste en dejar de ser un caso *particular* para convertirse en un caso *singular*; es decir, en un caso que no pertenece a una generalidad, que no es una versión más dentro de muchas otras opciones.

Una singularidad es una *novedad*, una innovación no contenida ni prevista en el plan maestro de una generalidad ya establecida. Por lo tanto escapa a la capacidad de descripción que pueda tener un algoritmo general desarrollado sobre la base de los casos conocidos, por eficiente que éste pueda ser.

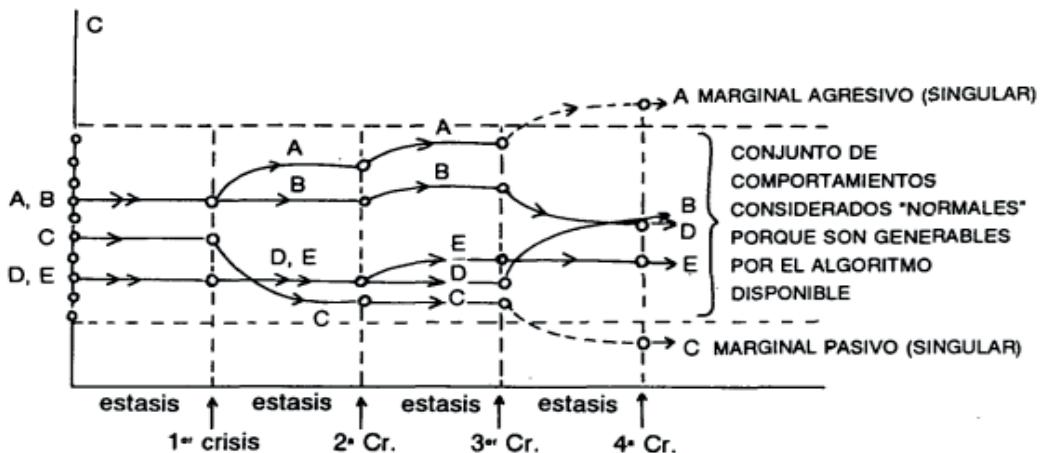
La tesis se puede enunciar así: «Cuanto más numerosa es la sucesión de crisis experimentada por un individuo o por una sociedad u organización; es decir, cuanto más rica es la Historia de conflictos de un alma humana, tanto más difícil es que su comportamiento pueda ser reproducido por un algoritmo universal ya desarrollado sobre la base de casos anteriores conocidos».

Las crisis son bifurcaciones en los destinos de una persona. Se abren en una crisis varios futuros posibles. Por supuesto, sólo uno de ellos será el que se ejecute. Esos destinos son como trayectorias que se multiplican y separan al cabo de cada crisis. Es posible intentar explicar esto con un gráfico metafórico. Para ello imagínense 5 personas en algún momento inicial de sus vidas; por ejemplo, al año de edad y supóngase también que se ha hecho una aceptable taxonomía de los diferentes comportamientos y se los ha ordenado a lo largo de un eje vertical que se llama «eje de los comportamientos C». Cada uno de los puntos indicados en ese eje vertical del gráfico corresponde entonces a un comportamiento diferente, los que han sido ordenados según alguna característica como puede ser, por ejemplo, el grado de agresividad.

Un algoritmo aceptable debe ser capaz de generar una ancha banda de esos comportamientos. Inicialmente, los 5 chicos estarían comprendidos en esa banda y además ocuparían posiciones muy cercanas. Los chicos A y B tendrían el comportamiento más agresivo y los D y E serían los menos agresivos.

En el eje horizontal se ha representado el tiempo medido por el número de crisis y no por el tiempo calendario. Esto significa que la primera crisis no tiene por qué haber ocurrido en el mismo momento para los cinco chicos. Unos la tendrán antes y otros después, de manera que, seguramente, se producirán a edades diferentes. Eso no se tomará en cuenta. Lo único que interesa es que se trate de la primera crisis. Lo mismo vale por supuesto para las crisis siguientes.

Hasta donde se sabe, el comportamiento entre dos crisis sucesivas es aproximadamente el mismo. Es lo que se llama la *estasis*. Al atravesar una crisis el comportamiento suele cambiar profundamente, y lo más interesante es que lo puede hacer de varias maneras diferentes sin que sea posible prever cuál de ellas es la que realmente va a ocurrir. Por supuesto se da una sola de ellas pero, como la elección es azarosa, los comportamientos que eran similares antes de la crisis se diferenciarán marcadamente luego de ella. Por ejemplo A y B en la primera crisis, o D y E en la segunda.



Si este modelo representa aceptablemente la realidad, al cabo de un cierto número de crisis algunas almas escaparon de la jaula del algoritmo. Son los marginales. Se trata de almas novedosas. Ensayos. Verdaderas creaciones de la naturaleza.

De la misma manera que la naturaleza crea novedades, también las crea la cultura. Las innovaciones tecnológicas —aun cuando sean el resultado de una larga y lenta maduración—, producen cambios abruptos en la cultura, al momento de ofrecerse en el mercado. Estos cambios son similares a la aparición de una nueva especie o de un mutante próspero en un nido ecológico. Quizá la diferencia más importante entre la evolución de Natura y Cultura se encuentre en la duración de los períodos de estasis y de los procesos que llevan al sistema de una a otra estasis, pues es evidente que la cultura evoluciona con mucha mayor rapidez que la naturaleza.

Si pudiera programarse una máquina de comportamiento análoga al alma humana actual, esa máquina evolucionaría a través de innovaciones tecnológicas mucho más rápidamente de lo que evolucionará el cerebro y la mente en forma natural. Esas nuevas máquinas se adelantaría así a la naturaleza y nos proveerían imágenes de las posibles especies que nos sucederán.

### Bibliografía de consulta

1. Minsky M. La sociedad de la mente. La inteligencia humana a la luz de la inteligencia artificial. Buenos Aires: Galápago; 1986.
2. Shank RC, Colby KM. Computer Models of Thought and Language. San Francisco: Freeman; 1973.
3. Winston PH. Artificial Intelligence. New York: Addison-Wesley; 1984.