

LA SOCIEDAD EN LA PERSPECTIVA INFORMATICA O ¿EXISTE UNA SOCIOLOGIA DE LOS COMPUTADORES?

Summary: The advent of AI has made Epistemology an empirical science. The advent of distributed computing is making computer science one of the "soft" sciences. The era of the unerring computer is over: communication problems in distributed computing have created the fallible computer, which errs exactly for the same causes than the human brain: "Errare complexum est". Computer Science is using Social Science models to solve networking problems. A "boomerang effect" may benefit the Social Sciences.

Resumen: El advenimiento de IA ha convertido la Epistemología en una ciencia empírica. El advenimiento de la computación distribuida está convirtiendo la informática en una ciencia "suave". La era del computador infalible terminó: problemas de comunicación en computación distribuida han creado el computador falible, que se equivoca por causas exactamente iguales que el cerebro humano; "Errare complexum est". La Informática usa modelos de las Ciencias Sociales para resolver problemas de redes. Un efecto "boomerang" puede beneficiar a las Ciencias Sociales.

Me propongo en lo que sigue, introducir el tema de la Sociología de los Computadores. No me refiero a la Sociología de los usuarios de computadores, sino a la Sociología de los computadores mismos. Tal disciplina o rama de una disciplina, habría que entenderla como una ciencia que aplica conceptos y leyes descubiertas en el análisis de las relaciones entre los seres humanos a

las relaciones entre ciertos seres no humanos: los procesadores electrónicos. Si tal ciencia existe, o está a punto de existir, ello tendrá tremendas repercusiones para la Filosofía de la Ciencia y para la imagen que el ser humano tenga de sí mismo. De cualquiera de los dos modos que se vea, se trata de un asunto trascendente para la Ciencia del Conocimiento.

Existen muchas maneras de conocer; se puede conocer directamente, a través de los sentidos, o indirectamente, por procesos de razonamiento en los cuales la mente se mueve de un conocimiento a otro por medio de reglas de inferencia. También se puede conocer de manera indirecta por analogía, es decir diciéndonos a nosotros mismos que el fenómeno nuevo *es como* un fenómeno ya conocido, y prediciendo aspectos de su comportamiento a partir del *modelo*. Los modelos que nos sirven para conocer pueden ser hallados en la naturaleza o pueden ser contruidos especialmente para el propósito cognoscitivo. Por ejemplo, el viejo Platón nos informa al principio de su obra maestra *La República* que va a tratar de explicar la naturaleza del alma humana usando como modelo la estructura de la sociedad: en este caso el modelo es preexistente, o tal lo parece. En el caso de un electricista que intenta arreglar un aparato de radio con el que no está familiarizado, él mismo construye el modelo, dibujado primero como esquema de circuitos, y para validarlo hará (o imaginará) experimentos sobre los resultados de aplicar corriente a distintos alambres de entrada de ese modelo.

¿Qué es entonces un modelo? El caso del modelo artificial es el más fácil de analizar. Se dice que el fenómeno que deseamos conocer o explicar es una *caja negra*, un sistema cerrado cuyas interioridades ignoramos (por ejemplo, el aparato de radio sellado cuyos circuitos internos no conocemos). Pero todo sistema tiene *entradas y salidas* (los cables que entran al radio y los sonidos que salen o dejan de salir de él). El investigador produce hipótesis sobre la estructura interna de la caja negra. Por ejemplo en la forma de un diagrama de conexiones internas; por medio de experimentos con la caja negra se determina la *función de entrada y salida* del aparato, es decir, qué respuesta (en los canales de salida) produce la presencia o ausencia de estímulos (en los canales de entrada) sobre el sistema. Cuando se logra establecer que un cierto diagrama presenta la misma función de entrada y salida que la caja negra, decimos que la caja negra y el diagrama son *isomórficos*, o que hemos encontrado (construido) un modelo del sistema en cuestión. El modelo, sea encontrado en la naturaleza o diseñado para el efecto de entender una caja negra, nos ofrece la *explicación* del fenómeno; es la “caja transparente” que satisface nuestra curiosidad sobre el contenido ignorado de la caja negra.

El caso del modelo real encontrado en la naturaleza, como el que usa Platón en La República, es un poco más complicado. El diagrama que dibuja el electricista es claro por definición (si no fuera claro, no se estaría usando para ayudar a entender el fenómeno no conocido); además, existe solamente para el propósito de brindar explicación a otra cosa. En cambio, explicar el alma humana —o la mente, la inteligencia— con ayuda de la sociedad es un proceso riesgoso, pues a lo mejor la sociedad no es un fenómeno tan transparente como el autor quisiera que nosotros creyéramos. Por otra parte, al usar un fenómeno como modelo de otro quizá haya aspectos de cada fenómeno con distinto grado de inteligibilidad inmediata, de modo que ambos fenómenos puede que resulten aclarados recíprocamente al hacerlos intervenir en una relación de isomorfismo. Finalmente, es posible en estos casos practicar juegos retóricos de muy dudosa honestidad, pero sin duda muy usados en la literatura, incluso por los grandes autores. Por ejemplo, Karl Popper en su libro *La Sociedad Abierta y sus Enemigos* acusa al mismo Platón de hacer precisamente eso con su gran metáfora de La República: el verdadero intento de Platón no es aclarar conceptos de Filosofía de la mente sino más bien adoctrinar a sus lectores con una particular teoría

política, el totalitarismo; el usar el alma humana, dotada de unidad y totalidad, en relación isomórfica con la sociedad le permite al autor inducir subrepticamente en los lectores la idea de que la sociedad *tiene que ser* autocrática para que sea sana.

El uso de modelos en Filosofía ha sido muy abundante a través de la historia. Piénsese por ejemplo en el uso de los relojes como referencia para la armonía preestablecida entre las mónadas del universo postuladas por Leibniz, o en la “tabla rasa” postulada por los empiristas ingleses como punto de referencia para el estado inicial de la inteligencia humana. Pareciera que la Filosofía es el lugar natural para emplear modelos, pues no es posible en ella recurrir a experimentos. Pero hay otras ciencias en las que también el modelo ha salvado la situación: recuérdense los planetas de Kepler que barren áreas iguales en tiempos iguales, a la manera de relojes de comportamiento irregular, o en los complicados modelos matemáticos de la Meteorología que por no poder experimentar con el clima lo inventa y juega con él dentro de un computador. Hablamos de *ciencias empíricas* donde el experimento es posible, y de *ciencias especulativas* donde no lo es. Así, tanto la Filosofía, como la Astronomía o la Meteorología serían ciencias especulativas, en tanto que la Química y la Biología son ciencias empíricas. No obstante, la caminata lunar de Armstrong —entre otras cosas— ha “empirizado” la Astronomía, y las fotografías por satélite han “empirizado” a la Meteorología. ¿Quedará la Filosofía como la única ciencia especulativa?

Muchos autores consideran a la Epistemología —la teoría del conocimiento— como la parte más respetable de la Filosofía. Hasta muy entrada nuestro siglo, la Epistemología ha debido ser eminentemente especulativa. Recuérdense las polémicas sobre la naturaleza del entendimiento humano que llenan la literatura filosófica de los siglos XVII y XVIII: autores como Hobbes, Locke, Leibniz, Berkley y Hume especulan sobre la naturaleza de las ideas, si son copias de las impresiones externas o las encontramos dentro de la mente de manera innata; cómo se conectan o asocian unas con otras, etc. ¡Pura especulación, sin posibilidad de comprobación empírica alguna! Construcción de modelos, con la desventaja de que no pueden funcionar como funciona la respectiva caja negra, pues son modelos de papel, castillos de naipes simplemente. Pero sucede que a mediados del Siglo XX un matemático de genio, como lo

fuera Leibniz en su tiempo, a quien no se suele calificar de filósofo aunque bien lo merece, Alan Turing, concibe un modelo magnífico de la mente humana, la *máquina universal* capaz de emular a cualquier otra máquina —de la misma clase o de clase diferente— con tal de que la proveamos de una cantidad infinita de cinta de papel y de cualquier cantidad de tiempo que necesite para la emulación. Todavía no saldríamos aquí del campo especulativo. Pero unos años más tarde, un grupo de tesoneros tecnólogos ingleses y americanos construyen una aproximación cercana a la máquina universal: el computador digital de propósito general. No es la máquina universal porque no tiene infinita memoria y su velocidad es finita, pero por lo demás es en principio capaz de emular a cualquier otra máquina (dentro de sus limitaciones de espacio y de tiempo).

¿Cómo afecta esto a la Filosofía - a la Epistemología? ¿Podrá seguir siendo puramente especulativa? Ahora resulta que por primera vez en la historia el modelo de la mente puede ser construido (por lo menos por aproximación) y probado experimentalmente. Las limitaciones del computador para encarnar a la máquina de Turing no lo inhiben para modelar a la mente humana, puesto que después de todo tampoco el cerebro humano tiene capacidades ilimitadas de memoria, y definitivamente su velocidad no es nada importante. En cuanto a la capacidad de emular a otra máquina de la misma especie, que tan conspicua es en la mente humana, siempre tratando de representar a otras mentes humanas por medio del conocimiento interpersonal, es solo potencial en el computador, a falta de una programación adecuada. Pero los teoremas de Turing establecen que esa programación es en principio posible, y muchos esfuerzos de investigación —en el campo llamado Inteligencia Artificial— demuestran a las claras que es posible realizar progresos en esa dirección. ¿Qué consecuencias tiene esto para el trabajo del filósofo? Para mí, la respuesta es clara: significa que la teoría del conocimiento ha pasado de un golpe a ser ciencia experimental. De ahora en adelante, si alguien propone un modelo de funcionamiento del entendimiento humano tendremos que decirle como sugería ya Leibniz, varios siglos antes de los computadores: “Pongámonos a computar”.

Este reto ha dado nacimiento, en el último decenio, a la Ciencia Cognoscitiva (“Cognitive Science”) contemporánea. La lingüística, la Psicología, la Neurología, la Filosofía, la Antropología, se han dado todas cita con la Informática para inau-

gurar una nueva disciplina con un nuevo objeto propio: los seres cognoscentes o *conocedores*; todas esas antiguas disciplinas separadas se han unido alrededor de una metodología común: la construcción de modelos, que como los antiguos modelos especulativos se supone que representan los rasgos fundamentales del entendimiento; pero a diferencia de ellos, pueden ejecutarse como programas, pueden “correr” o no “correr”, y así confirmar o refutar las teorías que les sirven de base. Aunque suene increíble: ¡ha pasado a ser posible hacer experimentos epistemológicos!. Todavía más: la Epistemología puede ahora concebirse como un solo gran experimento, la *construcción de la mente artificial*. El día que podamos construir un robot que replique por lo menos lejanamente el comportamiento intelectual del ser humano, ese día sabremos que existe por lo menos una teoría que explica ese comportamiento, teoría que muy probablemente estará en la base del diseño mismo del cerebro. Mientras llega ese día, cada rendimiento de una máquina artificial que sea isomórfico del rendimiento correspondiente del cerebro, será una explicación suficiente de la capacidad especial humana identificada con ese rendimiento. La Inteligencia Artificial no solo es concebible como vertiente tecnológica de la Ciencia Cognoscitiva: se constituye además como la metodología para validar esa misma ciencia.

Encontramos en el desarrollo descrito de Historia de la Ciencia una muestra de un movimiento convergente entre las ciencias especulativas y las ciencias empíricas. Quiero referirme a otro desarrollo, también de carácter convergente, que viene ocurriendo paralelamente. Tradicionalmente se habla de las “ciencias duras” (las Matemáticas, la Física, la Biología) y las “ciencias suaves” (las Ciencias Sociales básicamente). Voy a sostener que esta distinción ha comenzado a perder sentido por obra de la existencia misma de los computadores. Pero esta vez no es porque las ciencias suaves se hayan hecho duras —como las ciencias especulativas se han transformado en empíricas— sino, curiosamente, porque las ciencias duras se están haciendo suaves. Quiero referirme concretamente a la Informática, que es la única ciencia dura que conozco suficientemente. He explicado anteriormente cómo los modelos computacionales sirven a los practicantes de la Ciencia Cognoscitiva para explicar los fenómenos intelectuales. Diseños relativamente sencillos, en la forma de programas de computación, emulan capacidades intelectuales humanas supuestamente muy complejas,

como probar teoremas geométricos, descubrir verdades de la aritmética o jugar ajedrez. El carácter "puro" de estos programas participa de la naturaleza de los *tipos ideales* usados por ejemplo en la Física para explicar su orden de fenómenos (movimiento en el vacío absoluto, etc.): el modelo simple explica al fenómeno complejo.

Estos acontecimientos corresponden a una primera época en el desarrollo de la Informática, digamos que es su época clásica, en que todo es proporcionado y apolíneo. A esta época corresponden aforismos como "El computador no se equivoca; solo el programador, que es humano, lo hace" —es decir "errare humanum est". Es la época del computador gigante, muy impresionante en su tamaño, pero fundamentalmente simple en su arquitectura y en su programación: el gran tamaño esconde un poder muy reducido, se trata de la "calculadora de cuarto" que difiere solo en tamaño de la calculadora de bolsillo. Tales computadoras solo tenían una fracción del poder de cómputo y de la complejidad de arquitectura de muchos de los microcomputadores existentes hoy, por ejemplo el IBM AT con que escribo este artículo. Tengo ante mí un volumen de la Revista *ACM Computing Surveys* donde se describe lo que será muy pronto la arquitectura estandar de la maquinaria de cómputo: el sistema de operación distribuido, es decir, una máquina virtual cuya unidad funcional frente al usuario esconderá una multiplicidad de microprocesadores (equivalentes a los actuales computadores) conectados por medio de una red local. Encuentro el artículo (TANENBAUM 85) interesante por razones que no tienen que ver directamente con la técnica informática (no soy un especialista en sistemas de operación, y mi interés inicial en el artículo se relaciona solamente con el deseo de mantenerme al día sobre el estado general del arte de la computación). La mayor de ellas es que me ha reforzado en la convicción de que estamos ante el advenimiento del computador falible, del computador que se equivoca por las mismas causas que el cerebro se equivoca, a saber: su misma complejidad. "Errare complexum est".

Si un computador consiste de un solo procesador —o unidad lógica— y su respectiva memoria, un fallo del procesador paraliza al computador, no le hace equivocarse. Pero si el computador es una *sociedad de computadores* conectados por una red (como serán todos los computadores del cercano mañana), si uno de los procesadores deja de funcionar, el computador no se para, simplemente se degrada... o se equivoca. Toda suerte de equívocos

y malos entendidos pueden suceder. Por ejemplo, uno de los procesadores que debía recibir un mensaje del procesador afectado podría seguir trabajando como si el procesador dañado hubiera cumplido su función, pero con información incompleta. Si por ejemplo el computador dañado debía enviar un mensaje indicando haber recibido un mensaje anterior (una transferencia de fondos, tal vez), y ese acuse de recibo nunca llega, el procesador destinatario puede decidir que el mensaje nunca fue recibido, y enviar de nuevo el mensaje original; esta vez el mensaje lo recibe un procesador de reemplazo que ha sustituido al procesador dañado, pero lo recibe con un atraso que posibilita la inscripcón de una doble transferencia de fondos... Además, aun suponiendo que todos los procesadores funcionen bien, la computación en paralelo puede ocasionar extraños efectos, muy difícilmente evitables; un típico ejemplo es el bloqueo recíproco, cuando cada uno de dos procesadores se pone a esperar que el otro procesador desocupe un recurso que necesita para finalizar una operación, por ejemplo el acceso a ciertas partes de un disco de almacenamiento de datos o a algún lugar de una memoria compartida. Las consecuencias de un tal bloqueo, o de otras situaciones parecidas, son impredecibles, y los resultados de la computación global pueden muy bien resultar incorrectos.

Ante esta clase de problemas, y algunos otros que mencionaré en seguida, los científicos de la Informática están comenzando a comportarse de una manera muy inesperada. Como buenos científicos, conocedores sistemáticos, aplican la teoría del método con cuya sucinta descripción comenzamos este artículo. La solución más prometedora resulta ser el razonamiento por analogía, y el uso de modelos. Ante un fenómeno desconocido, recurrimos a fenómenos conocidos que se le parecen, y aplicamos las soluciones viejas a los nuevos problemas. Increíble como suena: los científicos de la Informática han encontrado soluciones a los problemas que plantea la computación distribuida en la Sociología, en la Ciencia Administrativa, y hasta en la Ciencia Política. La diferencia entre las ciencias duras y las ciencias suaves comienza a desaparecer cuando se aplican soluciones de las ciencias sociales a los problemas estrictamente computacionales, y comienza a surgir la Sociología de los Computadores.

Un sistema de operación (o "sistema operativo") es un programa fundamental que se ejecuta directamente por encima de la arquitectura elec-

tromecánica del computador y ofrece al usuario o usuarios de éste toda clase de servicios necesarios, como acceso a unidades de almacenamiento de datos en discos, acceso a aparatos de impresión, etc. En realidad, es un programa bastante elaborado, una de cuyas principales responsabilidades es la administración de los recursos de cómputo y su oportuna puesta a disposición del usuario o usuarios. Por más complicada que la responsabilidad sea, sin embargo, no lo es tanto mientras el procesador del computador, la unidad central lógica y de control de las operaciones, sea solo uno. Pero cuando, como en los sistemas distribuidos a que me he venido refiriendo, los procesadores son varios, entre los cuales se distribuyen distintas operaciones independientes para ser ejecutadas en paralelo —lo que indiscutiblemente aumenta la eficiencia del sistema— las responsabilidades del sistema de operación se complican hasta lo indecible. La fuente principal de los problemas es que manejar la adjudicación de recursos sin tener información exacta sobre el estado global del sistema es muy difícil. Y esa información exacta es prácticamente imposible de tener si varios procesadores trabajan simultáneamente a la velocidad de la electricidad enviándose mensajes recíprocamente y alterando el estado de la memoria compartida por medio de procesos mutuamente independientes.

Tan no es cierto ahora que los computadores no se equivocan que el problema de la confiabilidad de los resultados ha comenzado a ser un tópico de discusión especializada y de investigación muy importante. Es interesante notar que las soluciones que se han implementado son de inspiración netamente social. Cuando algo muy serio está en juego en la vida social, piénsese en el caso de una enfermedad grave o de una crisis nacional, normalmente se recurre al concurso de varios solucionadores de problemas que operen simultáneamente: en el caso de la enfermedad, llamamos a esta solución “junta de médicos”; en el caso de la crisis nacional, la llamamos “junta de notables”; en el caso computacional, la llamamos simplemente *redundancia*. Durante su ejecución, un programa se pone a “correr” simultáneamente en un cierto número de máquinas, en paralelo. Cada vez que un proceso termina, las máquinas comparan sus resultados; si coinciden, no hay problema; pero si difieren, las máquinas recurren a un procedimiento para dirimir los conflictos muy bien experimentado: las máquinas votan, y la solución que obtenga la mayoría de los votos será el resultado que todas las máquinas tomen como dato para sus cálculos

en los módulos siguientes. Claramente, se trata de la importación de un método social para la solución de problemas informáticos, de acuerdo con la filosofía de los modelos que hemos analizado.

Uno de los problemas más serios que puede enfrentar un sistema de operación distribuido es el de asignar el trabajo requerido entre los distintos procesadores que forman el sistema. Aquí los diseñadores han también recurrido a la metodología de los modelos, y se han encontrado con que el problema es muy similar al de distribuir el trabajo entre los componentes humanos de una gran organización. La solución estandar en estos casos es organizar a los trabajadores de una manera jerárquica. Consecuentemente, la solución computacional es organizar a los procesadores como se organiza a la gente en la gran corporación, el ejército, la universidad, o cualquiera otra de las jerarquías del mundo social. Algunas máquinas se declararán *obreros* y otras *administradores*. Por cada grupo de un cierto número de obreros (o profesores) se asignará una máquina administradora (el *jefe de departamento*) con la tarea de supervisar quién está ocupado y quién no. Si el sistema es grande, habrá un número inmanejable de jefes de departamento; así pues, por cada cierto número de jefes de departamento se seleccionará a una máquina para hacer de *decano*. Si hay muchos decanos, algunas máquinas serán *vicerector*, etc.

Las cuestiones normales en una jerarquía humana surgen también en una jerarquía computacional: ¿qué pasa cuando un jefe de departamento, o peor todavía, un vicerrector, deja de funcionar? Una solución es promover a uno de los subordinados directos para llenar el puesto vacante. El escogimiento podrán hacerlo los subordinados mismos, o los iguales del difunto, o —en sistemas más autocráticos— el jefe del procesador descartado. Todas estas son por supuesto *decisiones políticas*. Si se quiere evitar tener un solo administrador (vulnerable) en la cúspide de la jerarquía, es posible decapitar el sistema y poner en la cumbre a un comité de máquinas en las que resida la autoridad suprema. Cuando un miembro del *politburó* funciona mal, los restantes miembros promueven a alguien del nivel interior como reemplazo.

Puede haber también soluciones anarquistas, donde nadie tiene autoridad final, y lo interesante del caso es que tales sistemas *pueden funcionar*, por lo menos tan bien como los de autoridad centralizada. En esos sistemas todos los problemas se resuelven por intercambio de mensajes y, por su-

puesto, por la disposición de los distintos elementos de asumir las posiciones vacantes cuando ello resulte necesario para el funcionamiento del sistema, tal como ellos lo ven. Por supuesto, puede haber colisiones, y existen soluciones para resolver conflictos sin que haya un árbitro de la disputa.

Un ejemplo interesante de solución de conflictos sin intervención de un árbitro se presenta en la transmisión de mensajes por medio de una red local del tipo "athernet". En este tipo de red todas las estaciones están conectadas por un simple cable coaxial, el mismo que se usa para instalar una antena de televisión. Cualquier estación puede poner en cualquier momento una señal en el cable, y esta señal es oída por todas las otras estaciones. Si dos o más estaciones transmiten al mismo tiempo, ocurre una colisión, es decir, los mensajes se interfieren unos a otros y llegan a su destino adulterados. Como la estación que envía también está oyendo, al no reconocer su mensaje sabe que ha fracasado en su intento y que tiene que reenviar su mensaje. Esto ocurre pocas veces, por lo que tiene un impacto insignificante en el rendimiento de la red. Para reducir la probabilidad de colisiones, la estación que falló espera un ratito antes de volver a transmitir; si se produce una nueva colisión, espera el doble, y así sucesivamente hasta tener éxito. Este sistema de resolución de conflictos es perfectamente eficaz, y no difiere mucho del que se usa en la conversación normal, sin director de debate, para evitar que la gente hable al mismo tiempo. Vemos aquí un caso de una buena solución a un problema computacional que se inspira en un modelo social: la conversación humana normal.

En su libro *La Miseria del Historicismo*, Karl Popper introduce el concepto del "doble efecto" en la dinámica social. Según este concepto, todo acto social produce dos efectos: uno deseado, que es el propósito del acto, y otro no deseado —pero inevitable— que debe ser soportable para el actor si el acto ha de realizarse en absoluto. De este concepto saca Popper su conclusión de Filosofía de la Ética en el sentido de que el objeto último de la moral es disminuir lo más posible el mal general, en vez de maximizar la felicidad del mayor número como postulaban los utilitaristas. Uno tendría que esperar que esta doctrina del doble efecto, típica de las sociedades humanas, se aplicara también a los sistemas de cómputo desde el momento en que estos comiencen a ser "sociales"; y así es, en efecto. Para comprobarlo, analicemos el caso

de un grupo de procesadores que trabajan en paralelo en la solución de un problema complicado. Así como desde el punto de vista del "hardware" (la parte física de la máquina) el computador se descompone en *procesadores*, cada uno independiente de los otros, desde el punto de vista del "software" (la parte intelectual de la máquina) el programa se descompone en *procesos* independientes. Para "correr" el programa, diversos procesos tendrán que ejecutarse en otros tantos procesadores; por razón de la misma limitación en el número de procesadores, pero también porque algunos procesos son prerequisite de otros, los procesos irán siendo asignados a los procesadores consecutivamente; pero, para maximizar la eficiencia, se procurará que un buen número de procesos se ejecuten paralelamente.

La decisión estratégica de cómo lograr la mejor asignación de procesos a procesadores y la mejor distribución de la ejecución entre un arreglo secuencial y un arreglo paralelo constituye el problema de la asignación de recursos. Si tomamos en cuenta que los distintos procesos, por ser parte de un programa integral que soluciona un mismo problema, tienen que comunicarse entre sí para enviarse datos y resultados, pareciera que los procesos que comunican frecuentemente deberían ejecutarse simultáneamente. Así, Ousterhout (OUSTERHOUT 82) sugiere que los procesos que trabajan juntos se asignen a diferentes procesadores para que puedan "correr" en paralelo. Pero otros investigadores no están de acuerdo: Chow y Abraham (CHOW 82), por ejemplo, consideran que los procesos que trabajan juntos deben ponerse en la misma máquina, para reducir los costos de la comunicación. Se ve claramente aquí que si pretendemos aumentar la eficiencia por la computación en paralelo, el sistema se degrada por los requerimientos de la comunicación; pero si queremos disminuir esos requerimientos, el sistema se hace más lento porque la computación debe hacerse secuencial. Un ejemplo típico del doble efecto de Popper.

Pero todavía hay más: un tercer grupo de investigadores, por ejemplo Stankovic y Sidhu (STANKOVIC 84), consideran que la estrategia fundamental debe ser velar porque ningún procesador esté sobrecargado mientras otros permanecen vacíos. Para estos autores, balancear las cargas es la estrategia razonable, tomando en cuenta que en sistemas complejos de hecho no sabemos nada sobre los detalles del comportamiento del sistema en cada ejecución concreta. En la ejecución de esta estrategia, se pueden presentar efectos

secundarios muy graves, pues hacer migrar un proceso de un procesador a otro implica una serie de acciones muy costosas: hay que interrumpir su ejecución, para lo cual deben guardarse muchos ítemes de información que permitan volver a ponerlo en ejecución en el punto en que estaba al llegar al nuevo procesador. En la práctica, lo que se recomienda es más bien dejar los procesos que está ejecutando llegar a su fin en el procesador en que se encuentren, pero crear los nuevos procesos solamente en las máquinas menos cargadas; solución que recuerda los métodos de desburocratizar una institución: no nombrar nuevo personal para llenar las vacantes que se produzcan, en vez de despedir personal. En resumen, los objetivos de maximizar la producción, minimizar el tiempo de respuestas y uniformar las cargas entran en conflicto. Toda solución al mismo tiempo implica una transacción, de igual tipo que las transacciones sociales o políticas.

Decíamos al comienzo que trabajar con modelos reales y no simplemente contruidos ofrecía la peculiaridad de que al usar un fenómeno como modelo de otro, ambos fenómenos podrían resultar aclarados recíprocamente. Así, por ejemplo, una vez que los modelos han sido aplicados con éxito a la informática, puede darse un *efecto "boomerang"* sobre las ciencias humanas, las cuales pasan a beneficiarse de las mismas técnicas informáticas que ellas mismas inspiraron. Es decir, la misma técnica, al ser refinada y hecha mucho más rigurosa en su versión computacional, puede ser retomada en aplicaciones directamente sociales; con la ventaja adicional de que en todo momento la metodología de los modelos está disponible, y cuando el científico social tiene duda de algún aspecto de la aplicación de la técnica puede experimentar con los métodos computacionalmente. Veo innumerables aplicaciones de esta tesis en las disciplinas sociales, pero muy especialmente en la Ciencia Administrativa y en la Ciencia Política.

Tomemos algunos de los casos analizados antes. Creo que la Sociología, la Ciencia Política y la Administración pueden beneficiarse de los análisis computacionales sobre bloqueos recíprocos o sobre organización, reparación y funcionamiento de jerarquías. Igualmente, la Sociología y la Ciencia Política tienen mucho que aprender de la forma en que se analizan y deciden las transacciones entre objetivos en conflicto para maximizar la satisfacción o, como diría Popper, minimizar la insatisfacción. Otra área muy fecunda de reflexión

es la teoría de la redundancia, sobre todo, si se combina con la consideración de su complementaria la teoría de la programación estructurada. En efecto, ciertos problemas por su naturaleza, admiten el ser descompuestos en subproblemas, supuestamente más fáciles de resolver que sus progenitores; este es el origen de los *expertos*, tanto en la vida social real como en el reino de la informática. Cuando existe un conocimiento claro sobre una materia, cuando el problema es un problema *bien formado*, lo procedente es descomponerlo en sus distintos aspectos y pasar los subproblemas a la consideración de los respectivos expertos. La famosa *comisión especial* a la que suelen mandarse los asuntos difíciles es un caso claro de esta metodología computacional, por la que el asunto se divide en sus partes y cada parte la asume el proceso especializado correspondiente. Contrasta con esto el caso del problema no bien formado, para cuya solución no se puede articular ninguna experiencia determinada. En este caso lo que corresponde convocar no es al "comité de expertos" o comisión especial sino más bien a la Junta de Notables, en la que reina, no la descomposición de saberes especializados, sino la redundancia de saberes de sentido común.

Pero quizá la conclusión más importante que se puede sacar de todo esto es el argumento en favor del anarquismo, o sea, en favor de la tesis de que es posible coordinar el funcionamiento social sin necesidad de un gobierno. Hemos visto en detalle un caso de coordinación sin control central, a saber, el de la comunicación libre a través de una red local. Un procedimiento que tiene tanta efectividad en la coordinación "sin jefe" de un sistema computacional distribuido parece ser una buena demostración de que los esquemas políticos anarquistas son viables. Estos resultados y otros parecidos que podría mencionar, me llevan a la extrapolación de que tal vez la Humanidad podría recoger como mejor fruto de la revolución informática la superación de ese enorme mal que la ha aquejado desde sus inicios: la dominación arbitraria e irracional de unos seres humanos sobre los otros que llamamos Gobierno.

REFERENCIAS

- Chow 82. T.C.K. Chow y J.A. Abraham, "Load Balancing in Distributed Systems", *IEEE Transactions on Software Engineering* SE-8, 1982.
- Ousterhout 82. J. K. Ousterhout, "Scheduling Techniques for Concurrent Systems". *Proceedings of the 3rd In-*

ternational Conference on Distributed Computing Systems, New York. IEEE, 1982.

Stankovic 84. J. A. Stankovic y I. S. Sidhu, "An Adaptive Bidding Algorithm for Processes..." *Proceedings of the 4th. International Conference on Distributed Computing Systems*, New York: IEEE, 1984.

Tanenbaum 85. A. S. Tanenbaum y R. van Renesse, *ACM Computing Surveys* (17, 4), 1985.

Dr. Claudio Gutiérrez
Escuela de Informática
Universidad de Costa Rica