

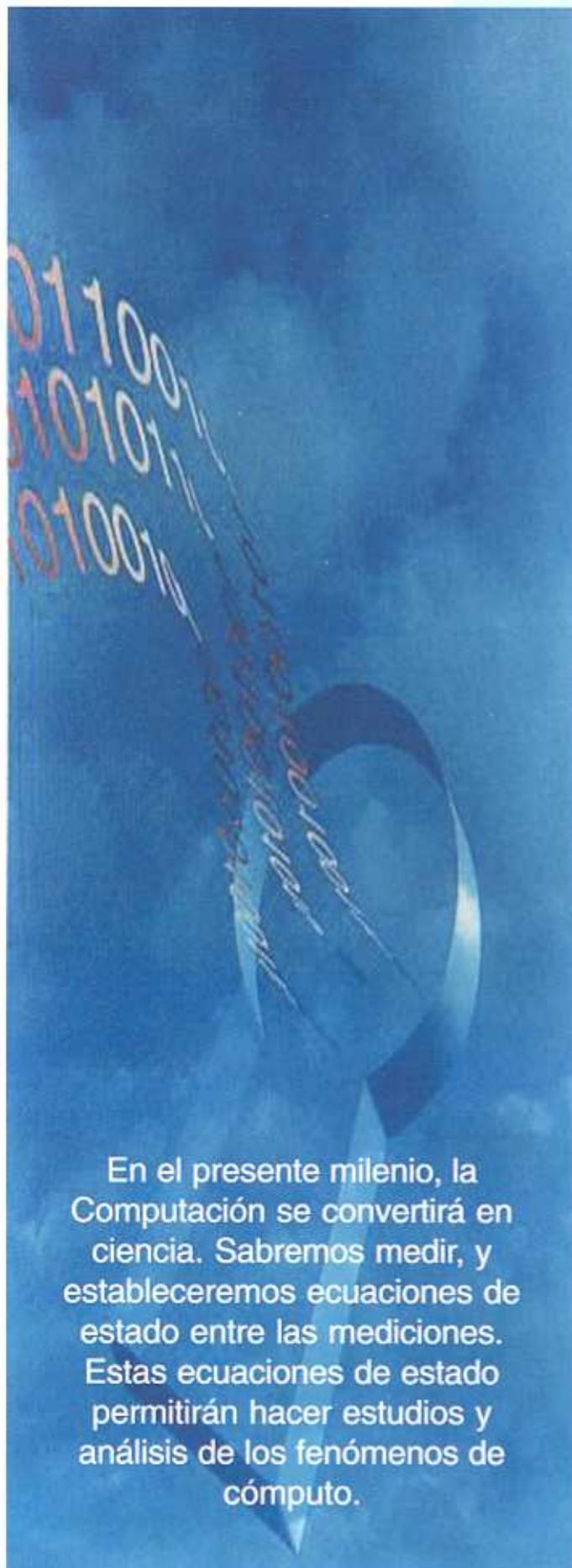
Lo que en computación nos depara el inicio del NUEVO MILENIO

Efectuar pronósticos es aventurado, y es un trabajo que conlleva alta incertidumbre. Empero, eso es lo que hace precisamente este artículo, restringido en ámbito (la computación e ingeniería de cómputo —y de ellos, tan solo de unos cuantos temas, no necesariamente los más importante—) y en tiempo: hablaré tan solo de los primeros cincuenta años del nuevo milenio. Acompaño estas predicciones con razonamientos que las hacen más creíbles. La perspectiva del artículo se centra en la Ciencia de la Computación y en unas cuantas aplicaciones, notablemente ingenieriles. Mi ignorancia me impide predecir muchas otras aplicaciones en Medicina, Jurisprudencia, y otras ciencias.

Adolfo Guzmán Arenas

*Centro de Investigación en
Computación (CIC), Instituto
Politécnico Nacional (IPN)*

aguzman@cic.ipn.mx



En el presente milenio, la Computación se convertirá en ciencia. Sabremos medir, y estableceremos ecuaciones de estado entre las mediciones. Estas ecuaciones de estado permitirán hacer estudios y análisis de los fenómenos de cómputo.

Perspectiva mundial

Hay problemas importantes para la humanidad que no están relacionados con computación (aparentemente). Por ejemplo, más apoyo a la mujer; a los ancianos; una vacuna contra la gripa; contra el sida; la lucha contra la corrupción; el deterioro de recursos naturales.

Hay problemas que sí se pueden resolver con ayuda de la computación: el pronóstico del clima, información total sobre cada individuo, efectos de la contaminación ambiental, sobre la calidad del aire, del agua, ... No opino sobre ellos, porque no tengo pronóstico.

Hay predicciones que podemos hacer con relativa seguridad: México continuará firmando tratados de libre comercio con otros países.

Perspectiva histórica

Es inútil predecir lo que va a ocurrir en los próximos mil años. Imagine usted a Cristóbal Colón (1492) prediciendo la caída del muro de Berlín (1989). Hablaré de los próximos cincuenta años.

Perspectiva de la Computación

La computación se originó en 1948 (aproximadamente), de manera que es una ciencia muy joven, con menos de cien años. Compare con la edad de la Medicina (5,000 años), de las Matemáticas (2,500 años), de la Química, de la Astronomía. Por consiguiente, la mayoría de las aportaciones en Computación no ocurrieron en este segundo milenio, sino ocurrirán en el próximo.

Avances de la Ciencia de la Computación

En el presente milenio, la Computación se convertirá en ciencia. Sabremos medir, y estableceremos ecuaciones de estado entre las mediciones. Tendrán unidades la ergonomía o facilidad de uso de un programa, su reusabilidad, su portabilidad. Los MIPS (Millones de Instrucciones por Segundo), whetstones y drystones serán substituidos por verdaderas unidades para medir la velocidad de cómputo.

Sabios en la materia hallarán «ecuaciones de estado» de la forma $pV = kRT$, entre las diferentes mediciones de un programa o de un cálculo. La «primer ecuación de Rodríguez» podría ser: «si multiplicamos la velocidad de un programa expresada en Fernandios por su ergonomía en Castillejos, obtendremos el tamaño del programa en bits dividido por ...» Estas ecuaciones de estado permitirán hacer estudios y análisis de los fenómenos de cómputo.

Sabremos almacenar la capacidad de cómputo. Las computadoras, que ociosas ahora de noche desperdician ciclos de máquina, ya no lo harán, sino acumularán estos ciclos en un «repositorio para uso posterior» de la capacidad de cómputo no usada. ¿Cómo se hará esto? No lo sé, pero estoy seguro que así será.

Avances de la tecnología de la computación

Las computadoras seguirán siendo más rápidas, más baratas, más confiables. Eventualmente, se usarán enjambres de ellas para obtener aún más rapidez y confiabilidad. Las bases del cómputo distribuido y paralelo ya se tienen.

Cada aparato o mercancía de cierto valor tendrá una computadora o unidad de cómputo de cierto tipo asociada a ella. Por ejemplo, los ventiladores percibirán que ya no hay personas a quien ventilar, y dejarán de funcionar. Ver §2.1, «Agentes».

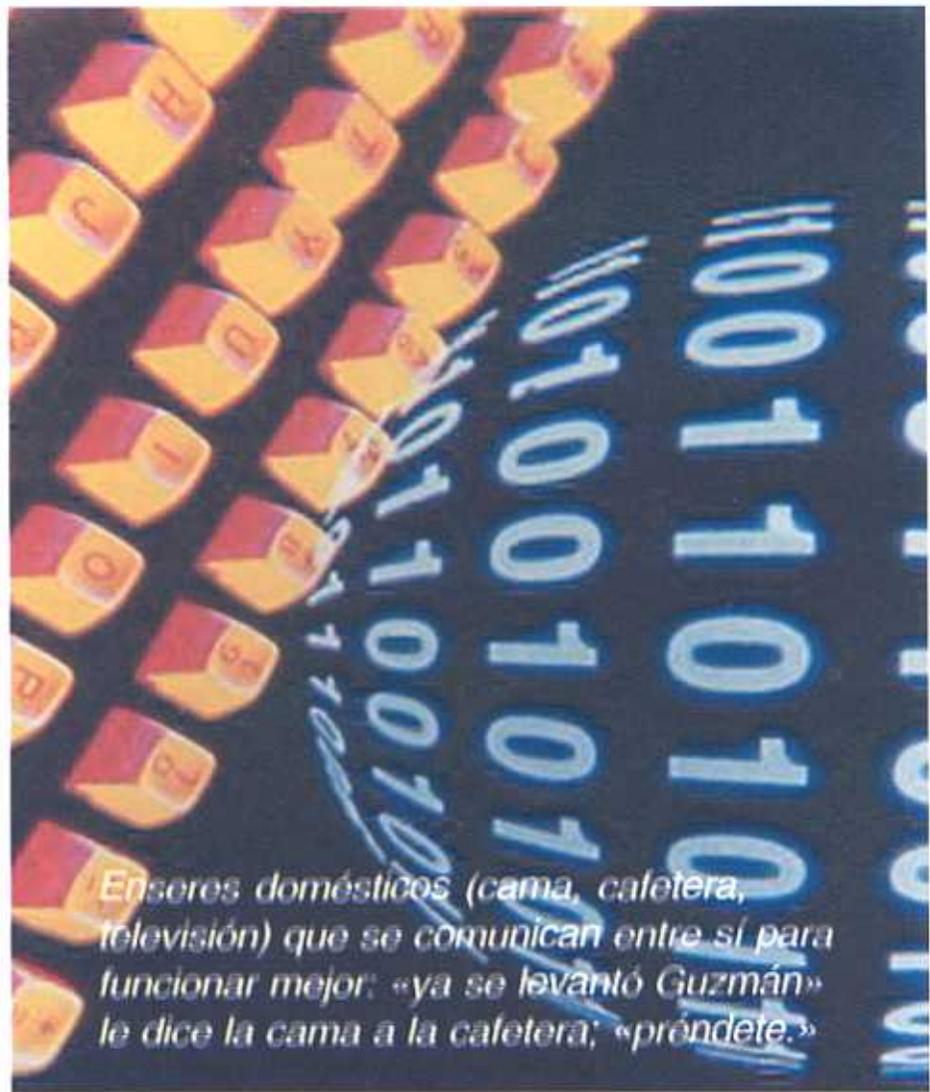
AVANCES ESPERADOS Y SU IMPACTO

Listo algunos avances sobre los que me atrevo a lanzar pronósticos. Hay otros más importantes (Cf. §1.1) sobre los que no me atrevo.

Agentes. Un agente es un proceso asincrónico (o demonio), parte de una colección de procesos similares que tienen un fin común, y que están geográfica y temporalmente dispersos. Ya sabemos cómo confeccionar estos agentes, y ahora nos falta crear muchas aplicaciones de los mismos. Habrá un avance acelerado sobre la invención, confección y uso de agentes, en los próximos 50 años. Los agentes harán posible que las máquinas interactúen mejor con otras máquinas, al dotárseles de propósito, de recursos, y de otras cualidades ahora reservadas para los humanos.

Mercancías inteligentes.

Las mercancías de cierto valor estarán dotadas de capacidad de cómputo y de comunicación con otros agentes. Serán como las tarjetas inteligentes que ahora se usan para hacer llamadas por teléfono, como identificación, etc. Ya en el CIC, Jesús Olivares [17] y otros trabajan en el proyecto «Interacción dirigida entre agentes con propósito», que sienta las bases para este avance importante. Algunas aplicaciones de estos agentes son: Mercancías que saben a dónde quieren ir. Logística distribuida.



Enseres domésticos (cama, cafetera, televisión) que se comunican entre sí para funcionar mejor: «ya se levantó Guzmán» le dice la cama a la cafetera; «préndete.» Mercancías que notan que nadie las compra, y sugieren bajar (o subir) de precio. Automóviles que conversan con las garitas de pago, y preguntan directrices para llegar a un cierto sitio en la ciudad de Oaxaca.

Agentes que «viajan mi recorrido de vacaciones» antes que yo, y me traen información interesante. Agentes que conocen mi perfil de intereses, y qué idiomas leo, y viajan por la red, coleccionando artículos y videos que me interesen.

Equipo complejo que recuerda cuándo debe dársele mantenimiento; equipo que, al ser reparado, nota que le están introduciendo piezas de reposición incorrectas. Licencias de manejo que me avisan que están próximas a expirar. Edificios y puentes que avisan que están sobrecargados, próximos a fallar.

Programación con agentes

Michael Huhns [9-16] actualmente construye agentes que buscan ellos mismos dónde insertarse en el código de la aplicación. Es una manera novedosa de atacar el problema de diseño de software, tan estudiando por la Ingeniería de software.

Agentes guardianes

Para muchas de nuestras actividades, tendremos agentes a nuestra disposición, que observarán lo que estamos haciendo, y de manera autónoma propon-

drán información, rutas alternas al destino, etc. Por ejemplo: agentes para cuidar nuestra salud, nuestro bienestar, nuestro peso. Agentes que sugieren dietas alimenticias. Agentes que, basados en mi información genética, me advierten de riesgos y enfermedades a los que estoy predispuesto.

Agente educativo, que nos sugiere cursos que tomar, de una miriada de cursos disponibles anunciados en la red, tomando en cuenta nuestro estado actual de conocimiento, nuestras metas, etc. En el próximo siglo se mejorarán en mucho los programas que desarrollan planes de estudio individuales e introducen nuevos paradigmas en educación, como EVA [6].

Agentes compradores. Viajarán por la red y dialogarán con otros agentes, a fin de adquirir cosas para nosotros [17].

Agentes que interaccionan y negocian

Dado un escenario bélico donde el país está siendo invadido por decenas de aviones bombarderos, negociarán entre sí los agentes de cada cañón o cohete defensivo, para repartirse los blancos. «El blanco 17 se está alejando mucho de mí, y se acerca a ti, Agente 54. ¿porqué no lo tomas y le disparas tú?»

Internet

Conforme más nodos se agreguen a la red, disminuirá la calidad de la información presente en cada uno (observación hecha por el Dr. Hal Berghel). Imagine usted un millón de estaciones de televisión, cada una sin mucho importante que decir, y hablando solo de un tema extraordinariamente angosto. Así está el Web hoy, excepto que la información es en texto. En el próximo siglo, las personas visitadoras de páginas Web tendrán unos pocos sitios selectos, a los que visitan regularmente. Mucho de la búsqueda de información se hará por medio de buscadores inteligentes, algunos de los cuales se basarán en el Clasitex [4, 5] de hoy. El CIC arranca (2000) un proyecto para hacer el *Índice del Conocimiento* [8], clasificando *todos* los artículos, publicaciones, libros, ..., que aparecen en español en el Web, en bibliotecas digitales, etc.

Corrupción. Ingreso transparente

Las personas se registrarán voluntariamente como «personas de ingreso transparente». Las que así lo hagan tendrán preferencias y consideraciones favorables en cuanto a pago de impuestos, historial crediticio, en los tribunales, y para ocupar cargos públicos. Serán personas que consienten en que ciertos agentes (Cf §2.1) observen sus ingresos, a fin de declararlos «personas honorables» y libres de corrupción. Será quizá la primera vez en que se use a las máquinas para emitir votos de calidad sobre personas.

Educación asincrónica y no presencial usando la computadora

En unos cuantos años, basados en EVA [6], se popularizarán y enraizarán nuevos métodos de enseñanza basados en computadora. Son y serán nuevos sistemas para educar, donde cada estudiante:

- ◆ recibe una instrucción individualizada; no tiene que ir a la escuela (estudia desde su lugar de trabajo o casa);
- ◆ recibe por Internet el material de estudio (cursos); educación *en línea*;
- ◆ La computadora le hace exámenes, vía Internet;
- ◆ El profesor ahora se dedica a asesorar, a contestar preguntas, a guiar, a corregir, y no tanto a dar clases; Método fácil de aprender a lo largo de vida; más barato, más democrático.

La educación llega aún a poblados distantes. Evita la construcción de edificios, universidades, bibliotecas, estacionamientos... Elimina o mitiga la educación presencial.

Riesgos. La computadora sabrá qué estudió cada uno de nosotros. Esto no es una afrenta a los derechos humanos, pero sí me impide mentir, hacerme pasar por Doctor cuando no lo soy.

La computadora sabrá qué tan rápidos o tontos somos para aprender tal o cual cosa.

Posible desempleo de profesores (no a corto plazo).

Posible formación deficiente de personas, al carecer del trato personal, del trabajo en grupo, de la interacción día con día con profesores o investigadores con experiencia.

Estadísticas de cada individuo

Los censos de vivienda, de población, de ingreso, etcétera, ya no producirán resultados estadísticos o agregados. Se publicará (ocultando la identidad) información sobre *cada uno* de los habitantes de México, cada una de sus compras, cada transacción, etc. Se necesitarán técnicas de minería de datos [1, 3] para analizar adecuadamente esta riqueza de datos.

Minería de datos. Continuamente se analizarán las compras, viajes, llamadas telefónicas, preferencias, etc., de cada individuo (o empresa), para ofrecerle productos, ofertas, inversiones, etc. Se aplicarán ampliamente las técnicas de minería de datos (la búsqueda automática de tendencias, desviaciones y situaciones interesantes [1]) para esto.

Evaluadores-predictores de un individuo, empresa-nación

Cada persona (o empresa) será comparada contra un *estereotipo* o persona típica (según su edad, rango, condición social, etc.). También será comparada contra un gran número de personas (o empresas) que exhiban características similares. De ahí, se podrá predecir su comportamiento, sus expectativas de vida, de ingresos anuales, su valor, etc. Se podrá opinar si está bajo promedio, es sobresaliente, o va a fracasar. Si le va a ir bien, y qué tan bien. Esta «evaluación probable» será usada por las personas cuando intenten contraer matrimonio, buscarse socios, contratar empleados, conceder préstamos personales, etc. Con agregados de estas evaluaciones, se evaluará el *valor* de una empresa, de un municipio, de una nación. Se medirán y tomarán en cuenta para estas predicciones otros

indicadores, tales como la *homogeneidad* del grupo, el grado de comunicación e interacción entre sí; su diversidad de inclinaciones políticas, etc. Jorge Gil (IIMAS, UNAM) aplica computación al estudio de grupos sociales.

Visión por computadora

La computadora podrá vernos (via cámaras de video), saber quiénes somos, a dónde vamos, dónde estuvimos, con quién platicamos. El procesamiento rápido de las imágenes hará que la computadora pueda actuar mientras nos está viendo (permitiéndonos acceso al edificio en que trabajamos, por ejemplo, puesto que ya nos reconoció). Será fácil poner en las esquinas cámaras digitales para tomar fotos, para entender lo que está ocurriendo: cuando viajamos muy rápido, cuando nos pasamos un alto, cuando cruzamos a media calle. Mejor vigilancia de lo que ocurre, de nuestro comportamiento.

Procesamiento de rostros

Al analizar nuestros rostros, la computadora podrá identificarnos: conocer nuestro nombre, domicilio, etc. Podrá, pues, identificar a los autores de robos, de asaltos. Se usarán las mismas cámaras que ahora vigilan los bancos y cajeros automáticos. Será innecesaria la credencial de identificación. No habrá que mostrar documentos al entrar al país, a un edificio, ... Introducir una tarjeta en un reloj, para entrar a trabajar, o pasar lista en clases, será cosa del pasado. Ya en 1999, Patricia Rayón [18] progresa en este sentido.

Problema: Será imposible permanecer oculto, incógnito, inconspicuo. Se podrá saber en todo momento en dónde estoy, con quién platico, qué platico, ... Es como si en la frente llevara graba-

do mi nombre, mi registro federal de causantes, mi *curp*.

Ventaja: será imposible para muchos delincuentes permanecer de incógnito. Una cámara de televisión con computadora integrada, podrá saber el nombre, número de identidad, y otros datos, de cada una de las personas que observa. Estas cámaras, colocadas en bancos, procesarán los rostros de las personas en tiempo real, y observarán actitudes o actividades anómalas, fuera de lo común (minería de videos). Y, además, grabarán lo que ven.

Riesgos: Demasiada rigidez, «el hermano mayor» de Orwell (novela «1984») computadora entrometida. Somos observados «para que todo el mundo pueda vernos».

Espionaje, invasión a la privacidad (?), Espías inteligentes (que entienden lo que se habla) de conversaciones telefónicas.

Los «policías electrónicos» podrían no tener criterio.

Jueces electrónicos; leyes electrónicas

Una sentencia o proyecto de sentencia será comparada (usando tanto información numérica como textual, «Análisis de artículos escritos en lenguaje natural») contra todas las otras sentencias y proyectos hechos en el pasado por jueces similares en casos parecidos. Las máquinas criticarán estos proyectos y ofrecerán cambios y sugerencias. Otro tanto pasará con las leyes propuestas.

Tiempo real

Las máquinas tendrán visión (§2.6) en tiempo real (es decir, conforme la acción sucede). Podrán entender lenguaje

hablado, en tiempo real. Podrán traducir de un lenguaje a otro, en tiempo real.

Identificación de voz

Hoy en día, podemos hacer con cierta dificultad' los siguiente:

- ◆ Dictar una carta a la computadora
- ◆ Darle órdenes habladas.
- ◆ Pedirle que anote los acuerdos de una asamblea.
- ◆ Pedirle información en español, por teléfono.
- ◆ Tomará minutas de una reunión.

Estas labores serán completamente satisfechas en el futuro cercano. También, la computadora podrá contestar en español (generación de voz).

Riesgos. Espías electrónicos que oigan nuestras conversaciones y busquen palabras clave («asalto al banco», «Partido Acción Nacional») y entiendan lo que decimos. Ellos son superiores al uso de personas para oír los mensajes interceptados, pues éstas se enfadan, se distraen, se aburren. Un espía electrónico no tiene estos defectos. Espionaje electrónico de voz.

Traducción de voz

Las técnicas de Tiempo Real, aunadas a las de Inteligencia Artificial y de Sistemas Basados en Conocimientos [8] (algunas de las cuales se desarrollan en el Laboratorio de Lenguaje Natural del CIC) harán posible que la computadora analice una conversación o discurso en inglés y la transforme al español conforme la conversación avanza, sin demoras.

Simulación, modelos

Simulación cualitativa. Esta rama de la Inteligencia Artificial modela siste-



as complejos con «ecuaciones cualitativas» del tipo «si el agua está muy caliente, y el tanque no está muy lleno, abre la válvula de entrada un poco», utilizando variables cualitativas y difusas. Uso de términos cualitativos, como «un poco de», «unas cuantas veces», «muy débil la señal», «suficientemente discutido». Actualmente es un campo activo de experimentación en el Laboratorio de Inteligencia Artificial del CIC. Estas ecuaciones son las únicas, actualmente, útiles para modelar sistemas con una gran complejidad, y su uso se incrementará notablemente.

Simulación de leyes y reglamentos. Además de evaluar un proyecto de ley contra «leyes parecidas», podremos usar la gran cantidad de datos individuales para simular el efecto de estas leyes sobre la población, antes de promulgarlas. Ayudará mucho en esto las estadísticas de cada individuo. Guerra de presupuestos via simulación: El efecto de la compra de un nuevo tipo de helicópteros, o de una nueva arma, podrá ser analizado por el ejército via simulación de combates viejos donde se introducen las nuevas armas. Así se tendrá buena idea de su utilidad real o probable. Ya en la Escuela Superior de Guerra (México) se usan simuladores sofisticados para entrenar a responsables de tropa.

Medidas tomadas por la computadora en caso de un desastre. La computadora amasará datos de lo que está sucediendo en la ciudad (de México, digamos), dará la voz de alarma («está ocurriendo un gran incendio en La Merced»); activará planes de emergencia concebidos de antemano; comparará el avance de las labores de auxilio y rescate contra lo previsto, y sugerirá medidas adicionales y alteraciones al plan original; aprenderá de lo sucedido y fabricará nuevos escenarios de desastres y sus soluciones; y finalmente, tipificará los desastres, para tener un «modelo genérico de desastre» conforme estos se acumulan. Ya en 1999 el CIC colabora con la Dirección General de Protección Civil del Gobierno del Distrito Federal en este sentido. Otro ejemplo: el Sistema de Transporte Colectivo («Metro») de la Cd. de México usa un *simulador* con una consola igual a la real, para entrenar a operadores del puesto central de comandos. En este simulador se pueden recrear desastres pasados, para entrenar, para mejorar reacciones.

Sistemas de información

Continuará el enfoque hacia la captura y sumarización automática de información introducida por ANASIN [1, 3] y otras bodegas de datos avanzadas, para mantener actualizada sin intervención humana, la información estratégica que las empresas usan. Esto enlaza bien con los *mineros* de datos (§2.5.1).

Inteligencia Artificial

Habrán avances importantes en:

- ◆ Simulación cualitativa o intuitiva: nuevos métodos de hacer cálculos usando más o menos la forma en que una persona los realiza.

- ◆ Entendimiento de términos poco familiares. El uso de árboles de conceptos y comparadores de ontologías [8] permitirá que dos computadoras que tienen datos o conceptos similares «se entiendan» e intercambien información provechosamente, a pesar de que no usan los mismos términos. De gran utilidad para que dos *agentes* programados por distintas personas, se comuniquen entre sí.
- ◆ Mezcla de sensores. La información del rostro de un individuo, de su voz, del lugar donde andaba, etc., permitirán hacer una identificación única que será aceptada como prueba aún por el tribunal más escéptico.

Análisis de artículos escritos en lenguaje natural

La computadora podrá entender textos en español. Por ejemplo, artículos en un periódico. Por ejemplo, leyes propuestas, discursos de políticos, de senadores... Será posible darle órdenes a la computadora en español. No tendremos que aprender a programar en lenguaje «C», ni JAVA. Algunos avances actuales [2, 4, 5] hacen creíble esta predicción. La ventaja será enorme: las computadoras podrán leer libros en lenguaje natural, y así aprender lo que aun no saben: Física, Ecuaciones Diferenciales, Derecho Comparativo, ... El sueño de la Inteligencia Artificial será realidad: una máquina que aprende sin programarla. Esta máquina, al cabo de cierto tiempo, habrá leído *todo lo que hay por leer*, y será el repositorio de *toda la sabiduría* humana. Conocerá todas las ciencias. La Interciencia será posible no entre seres humanos, sino entre computadoras.

Una vez llegado a este punto, ¿quién continuará descubriendo nuevos teoremas, nuevos materiales, nuevos algoritmos? La máquina, con mucho más ventajas que el ser humano. El ser humano podrá (al principio) guiar a la máquina en este descubrimiento, pero pronto la brecha entre conocimientos será muy grande. Entonces el ser humano verá cómo la máquina sigue y sigue descubriendo y proponiendo cosas (teoremas, substancias, modelos, ...) de las que él solo tiene una idea vaga, remota e incompleta.

Riesgos. Será fácil hacer espías electrónicos de lo que leemos, de lo que compramos para leer, de lo que más nos gusta leer. Invasión a la privacidad. Se podrán hacer filtros para evitar que llegue a nuestras manos información que alguien decide que no debemos leer. Censura electrónica. «Elimina de la información electrónica que le llega al Lic. Vicente Fox, todo lo que se refiera a PEMEX.»

LO MÁS IMPACTANTE

Mayores cambios en nuestra forma de vida (influenciados por la computación).

La era de las máquinas

El tercer milenio será el milenio de las máquinas. 2050 será el año de las máquinas (computadoras, o de procesamiento de información). Por primera vez, las máquinas estarán interesadas (y nosotros también) en comunicarse no tanto con seres humanos, sino con otras máquinas. Se compor-

Las computadoras del año 2050 serán como las deseaban los japoneses en su proyecto de Quinta generación de computadoras (1981). Tendrán visión, podrán entender (oír y hablar) español —u otro lenguaje natural—; procesarán grandes cantidades de información (computación distribuida y paralela); sus instrucciones de máquina serán deducciones lógicas e inferencias, etc.



tarán como un enjambre de agentes con control distribuido, que colaboran entre sí. El ser humano podrá interaccionar con ellas, a través de un agente (otro programa) que conocerá las limitaciones del ser humano (baja velocidad de procesamiento, limitada memoria, con fallas, con olvido, con tendencias a almacenar una cosa y recordar otra) y trata de modelar a este «receptor imperfecto» (el ser humano) a fin de introducirle suficiente información a pesar de lo estrecho del canal.

La interciencia

El tercer milenio será el milenio de las máquinas, repito. En este párrafo, predigo cómo las computadoras serán los depósitos del conocimiento (ahora se les llama sabios, o especialistas, y son seres humanos) de la humanidad (habrá que acuñar un nuevo nombre al conjunto de seres humanos y máquinas de procesamiento de información, puesto que la inmensa mayoría de los conocimientos residirán en estas últimas).

Las personas aprenden lentamente asimilando o añadiendo conceptos a su árbol o taxonomía de conocimientos. En cambio, las computadoras pueden simplemente copiar árboles «aprendidos» o deducidos por otras máquinas. Esto implica que la cantidad de conceptos que una computadora puede manejar, no está limitada por su «velocidad de aprendizaje» ni por su tiempo de vida.

Dicho de otra forma, el conocimiento de una persona está limitado por cuántos conocimientos puede aprender en su vida. Una persona no puede «cargar una copia» de los que otra persona aprendió. Si mi tío aprendió francés y le tomó cuatro años, no puede pasarme sus conocimientos en una cinta magnética que yo «cargó» rápidamente en mi cerebro. Debo yo aprender francés paso a paso y probablemente tarde yo también cuatro años. Una computadora sí puede leer una cinta con los conocimientos que otra posee. Es un método rápido de adquirir conocimientos.

De hecho, la única Interciencia posible, que realmente valga la pena, será la que realicen las máquinas (no los seres humanos), dadas las limitaciones de tiempo para aprender que tenemos las personas. Queja: La computadora ya es mejor en ajedrez, en aritmética, en cálculos, en ortografía; en dibujo; en edición de documentos. ¿Qué tanto conviene seguir «perfeccionando» la dichosa maquinita?

Computación distribuida y paralela

La agregación de máquinas en redes débil y fuertemente acopladas, produce y producirá máquinas más poderosas, más rápidas. Estarán formadas por muchos procesadores. Cada una será una máquina con muchos datos, con muchos conocimientos, con muchos procedimientos (algunos serán *agentes*) para hacer cosas muy variadas y complejas. Esta agregación, entre otras cosas, apoyará el desarrollo de la Interciencia.

Riesgos. Si seguimos este camino, la computadora pronto será mejor que el ser humano. Más rápida, por tener varios procesadores (cómputo paralelo). Con más conocimientos, al tener más memoria (un gigabyte de almacenamiento en un disco duro cuesta 25 dólares EE.UU.).

Las próximas generaciones de computadoras

Las computadoras del año 2050 serán como las deseaban los japoneses en su proyecto de Quinta generación de computadoras (1981). Tendrán visión, podrán entender (oír y hablar) español —u otro lenguaje natural—; procesarán grandes cantidades de información (computación distribuida y paralela); sus instrucciones de máquina serán deducciones lógicas e inferencias, etc.

Las máquinas como guardianes de las personas

Cada persona (de ciertos recursos, o status) tendrá varios agentes guardianes (ángeles guardianes, los llama la mitología católica), que servirán para guiarlo en su educación (ref. Proyecto EVA), en sus relaciones personales, en sus gustos, para planearle sus ejercicios, su dieta o alimentación, ... Se parecerán a los Sistemas Expertos del segundo milenio (circa 1970), y a los Sistemas Basados en conocimientos de 1980. Estarán basados en agentes. Serán poseedores de casi toda la información relevante sobre el angosto tema en el que asesoran. Esta información será recolectada por agentes subsidiarios que viajan por las redes de información (parecidas a Internet de fin del segundo milenio) y extraen la información, analizando textos según taxonomías de conceptos, tal como lo hace ahora Clasitex.

La pérdida de la privacidad

Los últimos restos de privacidad y confidencialidad se perderán al llevar las máquinas estadísticas y datos individuales de nuestros gustos, nuestras vacaciones, a qué restaurantes acudimos a comer, qué comemos, etc. Esto no necesariamente será mal visto por la mayoría de las personas, las que estarán «agradecidas» de que las máquinas les hagan la vida más segura, más placentera, más llevadera, con más tiempo libre.

Conclusiones y recomendaciones

Los progresos en computación continuarán a mejor ritmo en el próximo milenio, ya que cuando una ciencia arranca, su progreso es torpe y lento. Conforme la cantidad de ingenieros y científicos que trabajan en computación aumenta, su velocidad de progreso crecerá.

Las aplicaciones de la computadora continuarán con su ritmo vertiginoso, y continuarán abaratando y mejorando nuestra forma y nivel de vida.

Expectativas

En el próximo milenio, las máquinas se dedicarán preferentemente a hacer intercambio de información con otras máquinas. En cuanto a las personas, las máquinas llevarán esta-

dísticas y datos detallados de lo que cada uno de nosotros hacemos, comemos, visitamos, estudiamos, ignoramos, ...

Qué hacer, cómo aprovechar mis predicciones

Adelántese usted al futuro, y lleve a cabo *ahora* las contribuciones o innovaciones que se prevén para después. Haga realidad este futuro, si cree en las predicciones aquí expuestas. No se dedique al bluff ni al multichambismo. El futuro se hace en el presente.

Agradecimiento

A los árbitros anónimos, que aportaron sugerencias enriquecedoras. Cualquier error remanente es, por supuesto, mío.

Este artículo apareció en la revista *CIENCIA*, 51, 2, 13-22, junio 2000, publicada por la Academia Mexicana de Ciencias. 

Bibliografía

CIC-IPN es: Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.

1. Guzmán, E., Guzmán-Arenas, A., y Martínez-Lima, G. (1999). Análisis: Minería de datos con búsqueda de patrones de comportamiento. Memorias del Foro «Computación, de la teoría a la práctica» 13-28. CIC-IPN, mayo 26-28. ISBN 970-18-1012-1. También: Memorias del Congreso Internacional de Computación CIC-99, Pedro Galbarrá, ed. CIC-IPN, ISBN 970-18-1697-9, 128-130.
2. J. Galbarrá, G. Salazar, and A. Guzmán-Arenas (1999). Document comparison with a weighted bipartite graph. DEFA-99, 10th International Conference on Database and Expert System Applications, Workshop on Document Analysis and Understanding for Document Databases, 366-370. Florence, Italy, August 10-September 1.
3. Guzmán, E. (1998). Herramientas para la empresa distribuida. Memorias del Foro «Computación, de la teoría a la práctica» 5-14. Mayo 26-28. CIC-IPN, ISBN 970-18-1012-1.
4. Guzmán, E. (1998). Finding the main themes in a Spanish document. Journal Expert Systems with Applications, 14, No. 1, 2, 139-145. Jan. 1998.
5. Guzmán, E. (1997). Hallando los temas principales en un artículo en español. Soluciones Avanzadas 5, 43-50. Enero-julio 15. D'party, 3, 49-66. Septiembre 15. También en: Memorias del Simposio Internacional de Computación, 36-51. CIC-IPN, noviembre 17-18. Una versión corta de este artículo aparece en Boletín de la Sociedad Mexicana de Ciencias de la Computación J. C. 14, 16, invierno de 1999.
6. Adolfo Guzmán and Gustavo Valdez. (1998). Virtual Learning Spaces in distance education: tools for the EVA Project. Journal Expert Systems with Applications, 15, 14, 205-210. Oct. Elsevier.
7. Adolfo Guzmán (1998). La Computación en la Intelectual. Memorias del Congreso Internacional de Computación CIC-98 «La computación, investigación, desarrollo y aplicaciones» 41-56. CIC-IPN, ISBN 970-18-1916-0.
8. Douglas R. Lenat and P. A. Golub. (1990). Building large knowledge-based systems. Addison-Wesley.
9. Huhns Michael N., Singh Manminder P., Kwozyk Tomasz (1997). Global Information Management via Local Autonomous Agents, in Readings in Agents edited by Michael N. Huhns, Manminder P. Singh, Morgan Kaufmann Publishers, Inc.
10. Huhns, M. N. and Singh, M. P. (1998). «Managing Heterogeneous Transaction Workflows with Cooperating Agents» in Agent Technology: Foundations, Applications and Markets, Nicholas R. Jennings and Michael J. Wooldridge, editors. Springer-Verlag, Berlin, 219-240.
11. Huhns, M. N. and Singh, M. P. (1997). «Internet-Based Agents: Applications and Infrastructure». IEEE Internet Computing, 1, 4, 8-9.
12. Huhns, M. N. and Singh, M. P. (1994). «Automating Workflows for Service Order Processing: Integrating AI and Database Technologies». IEEE Expert, 9, 3, 19-25.
13. Huhns, M. N. and Bridgeford, D. M. (1991). «Multiagent Truth Maintenance». IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 21, 6, 1437-1445.
14. Huhns, M. N. (1987). Distributed Artificial Intelligence, Pitman Publishing Ltd., London, England.
15. Huhns, M. N. and Soren, M. P. (eds.). (1997). Readings in Agents, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Francisco, CA.
16. Huhns, M. N., Bickel, D. and Tompkins, C. (1995). «Enclosing the Nest: Generation of Active Objects». Object Magazine, 5, 4, 32-46.
17. Olivas, J. Demetrio Aguirre, A., Domínguez Aguila, María, y Guzmán Arenas, A. (1999). Colaboración inteligente entre agentes con propósito. Memorias del Foro «Computación, de la teoría a la práctica» 210-219. CIC-IPN, Mayo 26-28. ISBN 970-18-1012-1. También: Memorias del Segundo Taller de Inteligencia Artificial, TAIA-99, 36-53. Octubre. CIC-IPN, ISBN 970-18-1554-9. También: Informes Técnicos del CIC No. 67, Serie Boica, Octubre, ISBN 970-18-1547-3. También: Memorias del Congreso Internacional de Computación CIC-99, Pedro Galbarrá, ed. CIC-IPN, ISBN 970-18-1697-9.
18. Patricia Rioson Ufella. (1999). Tesis de doctorado. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Depto. de Ingeniería Eléctrica (Fuentes).

Algunas de estas actividades se están desarrollando en el Laboratorio de Tiempo Real del CIC.