

**SISTEMAS EXPERTOS E INGENIERIA DEL
CONOCIMIENTO COMO INSTRUMENTOS
PARA LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA**

Rina Familia*

Resumen:

Este trabajo presenta un estudio sobre los Sistemas Basados en el Conocimiento, los Sistemas Expertos y la Ingeniería del Conocimiento, como instrumentos para la transferencia de tecnología entre las naciones industrializadas y las naciones subdesarrolladas, partiendo de la hipótesis de trabajo de que el **CONOCIMIENTO** es la base de la generación, aplicación y transferencia de la tecnología y de que las áreas de la IA (inteligencia artificial) anteriormente mencionadas, se caracterizan por estar basadas en el procesamiento del conocimiento.

Palabras claves:

Conocimiento, Informática, Computador, Inteligencia Artificial, Sistemas Basados en el Conocimiento, Sistemas Expertos, Adquisición del Conocimiento, Representación del Conocimiento, Ingeniería del Conocimiento, Tecnología, Transferencia de Tecnología, Inteligencia Artificial Distribuida.

*Profesora en APEC, UNIBE, UCSD Y PUCMM.

INTRODUCCION

"El conocimiento es poder"[1] afirmaba hace cuatro siglos el filósofo inglés Francis Bacon para fomentar el conocimiento experimental y tecnológico, y de esta manera impulsar el primer sistema de patentes para proteger la propiedad intelectual.

En la época que le tocó vivir, tal expresión no adquirió la gran connotación que tiene en el presente, a escasos años del Siglo XXI, donde ésta se traduce en que el conocimiento y su codificación teórica es la piedra angular de las sociedades post-industriales y su principal recurso estratégico.

Así, aquellos países que generan en la mayor proporción el conocimiento poseen un sistema integrado de CIENCIA-TECNOLOGIA-PRODUCCION-EDUCACION, donde el conocimiento circula alimentando, y a su vez, alimentándose, entre estos cuatro subsistemas interdependientes y fuertemente vinculados. De ahí que estas sociedades inviertan importantes recursos en el desarrollo de disciplinas que como la Inteligencia Artificial (IA) tiene como objeto de estudio el CONOCIMIENTO, dando relevancia al proceso de adquisición, representación y codificación del mismo, para el diseño de sistemas que ayuden a incrementar su productividad industrial y comercial.

En los países subdesarrollados las relaciones entre los subsistemas anteriormente mencionados son débiles, o en el peor de los casos, inexistentes.

Todo lo anterior se agrava mucho más en los actuales momentos con la irrupción de la Informática; esta última ha provocado una transformación revolucionaria de origen científico-tecnológico. Tanto el mercado económico-financiero, como las relaciones laborales, como la ciencia, y hasta los modos de pensar y de concebir la vida cotidiana, están experimentando modificaciones profundas. Pero sobre todo se espera que con la incorporación de la IA y sus tecnologías asociadas, estas transformaciones sean más rápidas y de alcance casi imposible de predecir.

En los ámbitos regionales, sólo en círculos muy reducidos de

pensamiento, se han planteado múltiples interrogantes al respecto, entre las cuales destaca la relacionada con la manera en que podría incidir la Inteligencia Artificial en la reducción de la brecha tecnológica que separa a las naciones más industrializadas de las latinoamericanas.

En el presente trabajo, producto de las investigaciones que por más de tres años hemos realizado en el campo de la "Transferencia de Tecnología Asociada a la IA" en las naciones subdesarrolladas, pretendemos plantear respuestas a cuestión de tan crucial importancia.

LA TECNOLOGIA INFORMATICA

A la sociedad humana del siglo XX se le ha calificado con el nombre de "Sociedad Tecnológica", aunque en verdad no se conoce ninguna sociedad del hombre que no haya tenido su propia tecnología. Lo que sí se puede afirmar, sin temor a equivocarse, es que en la sociedad en que nos ha tocado vivir, el aspecto tecnológico ha adquirido una preeminencia excepcional, por no decir esencial, como no se ha conocido en ningunas de las sociedades anteriores del hombre.

La palabra TECNOLOGIA es un término de uso relativamente reciente y se le puede definir, en sentido antropológico, como el conjunto de instrumentos o herramientas materiales, conocimientos y habilidades utilizados para proveer todas las necesidades de la comunidad y aumentar su dominio del medio ambiente [2]. Es así como ésta define el "Qué hacer" y "Cómo hacer" de la sociedad.

La tecnología nace con la civilización, como un esfuerzo constante del hombre en contra de las fuerzas adversas de la naturaleza. A grandes rasgos, la tecnología en las sociedades primitivas se caracterizaba porque:

1.-Era una tecnología simple, donde los elementos tales como instrumentos y habilidades eran compartidos prácticamente por toda la comunidad y donde los referidos instrumentos eran fabricados por la misma sociedad que los utilizaba, por lo que la tecnología formaba parte integral de la cultura individual y colectiva; y

2.-Se trataba de una tecnología no científica, desarrollada en

forma empírica, sin una conexión significativa con el cuerpo explicativo de conocimientos.

Algunos autores afirman que esa situación no cambió sustancialmente en todas la antigüedad, hasta llegar a la cultura griega clásica, en la cual sostienen que aparece un florecimiento inusitado en la ciencia, pero todavía no consiguen explicar el por qué éste no generó una tecnología con base científica.

El divorcio entre la ciencia y la tecnología continuó sin cambios significativos hasta una etapa bastante avanzada de la Revolución Industrial que comenzó en Inglaterra en el siglo XVIII. La revolución industrial británica no fue particularmente científica y es de ahí que se afirma que los factores que la generaron fueron fundamentalmente socio-políticos tales como la expansión creciente de la actividad comercial, favorecida por su poderío marítimo y la expansión colonial, así como de la explotación intensiva de la tierra por la burguesía, quien al ascender al poder político con sus nuevos valores, eliminó los últimos vestigios de la mentalidad medieval.

En nuestro siglo, el gran impulso a la ciencia lo dan las dos primeras guerras mundiales y la lucha por la supremacía hegemónica de las grandes potencias, las cuales generaron una demanda muy fuerte de la investigación científica y de sus aplicaciones prácticas, impulsadas por la competencia entre ellas.

Es en este contexto donde nace la COMPUTADORA ELECTRONICA. Así el nacimiento de estos dispositivos tuvo lugar dentro de un marco de actividad científica muy delimitado, pues fueron diseñadas con el objetivo de realizar complicados, y por demás, laboriosos cálculos matemáticos para los laboratorios del complejo científico-militar de los Estados Unidos, que se encontraban enfrascados en la producción de la nefasta bomba atómica, así como en las labores de decodificación de mensajes de las naciones que formaban el Eje Berlín - Roma - Tokio.

En esta primera etapa, la programación constituía una tarea verdaderamente descomunal, pues muchas de las primeras computadoras eran cableadas para ejecutar tareas específicas, por lo que cambiar el programa implicaba recablear los componentes. De donde se puede

deducir, que estas computadoras se desenvolvían en un marco de actividad muy limitado y por lo tanto, que eran totalmente ajenas a la administración comercial y a las aplicaciones industriales. Desde el punto de vista del software era el propio investigador, quien además de usuario, ejercía las funciones de analista (quien definía y diseñaba la aplicación) y de programador (quien usaba el complejo lenguaje de máquina).

Si visualizamos el desarrollo de la computadora electrónica a través de la evolución de ésta, es decir, partiendo de las generaciones que se han sucedido para llegar al estado actual, veremos como al introducirse la "Primera Generación" de computadoras en la administración comercial e industrial, fundamentalmente en procesos financieros como confección de nóminas y actividades contables en general, el proceso comenzó a caracterizarse por poseer pequeñas capacidades de manipulación y cálculos, lo que a su vez limitaba todo procesamiento de datos que requiriese un enorme reordenamiento y/o enorme computación.

Al principio de la década de 1960-1970 se introdujo la "Segunda Generación" de computadoras electrónicas, en la que los transistores sustituyen a los tubos al vacío y la cual ofreció capacidades mucho más potentes que la generación anterior, pues hizo factible la automatización de aquellos procesos como varios tipos de control de personal, por las facilidades que brindaba el acceso directo a masas de datos de magnitudes considerables.

Todo lo anterior acarreó dos importantes consecuencias:

1.-El personal encargado de la administración a nivel comercial e industrial enfocó su atención hacia las computadoras, pero se encontró con una técnica compleja que no se les había enseñado en su proceso de formación académica, por lo que aparecieron los usuarios, prácticamente aislados de la actividad informática, y

2.-aumentó la complejidad del software, por lo que hubo necesidad de separar la función de estudio-análisis-síntesis de los problemas, de la otra función de programación, ya que ésta podía ser

efectuado por un personal de menor nivel, lo que presentaba la doble ventaja de poder ser capacitado más rápidamente y la de devengar un menor salario que los analistas.

Toda esta evolución dió como resultado la necesidad de una reestructuración académica en las escuelas y facultades de ingeniería, de tal forma que los programas de estudio existentes incluyeran la tecnología computadórica. A nivel de gestión industrial y comercial primó la conveniencia de organizar el triángulo «Usuario-Analista-Programador» (UAP) para un disciplinado ataque de todos aquellos problemas que las computadoras electrónicas eran ahora capaces de resolver con eficiencia y velocidad sorprendentes; de este triángulo, el lado Usuario-Analista presentaba como objetivo primario la definición del problema informativo y su posible solución informática, el segundo lado, Analista-Programador permitía materializar la solución informática a través de la confección de los programas, mientras que el tercer lado, Programador-Usuario representaba la implantación del sistema y su entrega final al Usuario.

Paralelamente a este proceso se fueron desarrollando sistemas informáticos de exponencial complejidad y que a su vez exigía un personal heterogéneo y cada vez más especializado.

Los usuarios se dividieron en dirigentes de varios niveles, técnicos y oficinistas de organismos específicos de la empresa; por otro lado, los analistas se dividieron en analistas de sistemas y de procesos, auxiliados a su vez por otros especialistas, mientras que los programadores se especializaron en superlenguajes y/o lenguajes (FORTRAN, COBOL, RPG, PL/I, ETC.), nemotécnicos y/o lenguaje de máquina, etc.

Y es así como los tres elementos y las tres inter-relaciones del triángulo UAP mencionado se convirtieron en una decena de elementos y una decena de inter-relaciones, lo cual exigía una mayor coordinación de esfuerzos entre ellos.

La referida coordinación incrementó más aún su complejidad en 1966, cuando la industria de computadoras introdujo la "Tercera Generación" con diseños en base a circuitos integrados. Con ella apareció

el procesamiento de datos en línea-tiempo-real, lo que permitía un acceso directo al sistema computadórico, por lo que se adquirieron capacidades ilimitadas de acceso directo y manipulación.

Con la aparición de la Microinformática, surge una nueva estructura que es la de la microempresa en informática, la cual posee una alta cualificación tecnológica y ataca una gran variedad de problemas, inaugurándose estructuras empresariales bastantes diferentes a las que existían en la computación de los años 60 y 70.

La microinformática también da origen a la Computación Personal, donde la clásica separación entre el usuario, el analista y el programador prácticamente desaparece, y es como si estuviésemos en un círculo histórico, pues ahora el propio usuario, a través de los paquetes y el software modular, es capaz de definir muchas de sus necesidades, buscarle una solución e implementarla. Pero no obstante, es importante resaltar que a nivel comercial e industrial la microinformática y el clásico procesamiento de datos atienden problemáticas diferentes.

Con la aparición de la integración de circuitos en muy larga escala se han conseguido computadores muy rápidos, exactos y que se comunican a cualquier distancia para el procesamiento de datos-información, pero éstos todavía son incapaces de comunicarse con los seres humanos empleando formas naturales como lenguajes hablados o escritos, imágenes y documentos. Y lo que es más, los computadores están lejos de ser satisfactorios en la realización de pruebas de teoremas, reconocimiento de imágenes, inferencia lógica y pensamiento artificial.

De ahí que nos encontremos en los prolegómenos de una Renovación Tecnológica en la que se persiga el uso de los computadores no sólo para el procesamiento convencional de datos-información, sino también para la construcción de sistemas factibles de CONOCIMIENTO-INTELIGENCIA que hagan avanzar a la civilización humana.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La especulación sobre la posibilidad de la existencia de la Inteligencia Maquinal lleva siglos, pero es sólo en la segunda mitad de este siglo, con la aparición de la computadora electrónica, cuando se

plantean los fundamentos científicos para la creación de la misma.

Así, en 1956 nace la Inteligencia Artificial como disciplina científica cuya meta final es el desarrollo de una teoría que explique el comportamiento en seres naturalmente inteligentes y que guíe la creación de entidades artificiales capaces de mostrar comportamiento inteligente.

Los tipos de sistemas que se producen a partir de las investigaciones en este campo, caen en tres categorías:

-Sistemas Expertos que son un subconjunto de los Sistemas Basados en el Conocimiento, que a su vez son un subconjunto de los Sistemas de Inteligencia Artificial.

-IA, Algoritmos Genéticos, Redes Neuronales, Aprendizaje de Máquinas, Inteligencia Artificial Distribuida.

Sus principales aplicaciones son: Sistemas Expertos e Ingeniería del Conocimiento, Programación Automática, Sistemas Tutoriales Inteligentes, Reconocimiento del Habla, Juegos Inteligentes, Procesamiento de Escenas, Interfases Inteligentes, Recuperación Inteligente de Información e Imágenes, Visión Artificial, Robótica Inteligente, etc.

Para los objetivos de este artículo nos concentraremos en la primera área de aplicación mencionada.

SISTEMAS EXPERTOS E INGENIERIA DEL CONOCIMIENTO

La expresión Ingeniería del Conocimiento fue acuñada por Edward Feigenbaum [3], uno de los pioneros más destacados de este campo, para referirse al conjunto de técnicas y metodologías destinadas a extraer laboriosa y cuidadosamente el conocimiento de un dominio específico que poseen uno o más expertos humanos (especialistas en el área) y el cual concentran en la resolución de un problema dado, para instrumentarlo en forma de un sistema.

Así, un Sistema Experto es un tipo particular de Sistema Basado en el Conocimiento, que consiste en un programa de computador que posee una gran cantidad de conocimientos en un dominio y los usa para resolver problemas en ese dominio tal como lo haría un experto humano.

Los Sistemas Expertos son de amplia utilización en Medicina

(para diagnosticar enfermedades), Ingeniería Petrolera y de Minas (para la búsqueda de petróleo y metales preciosos), Química (para deducir estructuras moleculares), Enseñanza (para entrenamiento y diagnóstico de problemas de aprendizaje), Ingeniería Mecánica (para el diseño de piezas), Ingeniería Civil (para la configuración y diseño de estructuras y edificios), Computación (para configurar redes de computación y diseñar programas), Electrónica (para el diseño de circuitos), en la pesca, la agricultura, para la planificación y control de la producción industrial, etc.

Hasta el momento, el mayor problema para la creación de un sistema experto ha sido el extraer el conocimiento de los expertos de tal forma que pueda ser representado para que el computador pueda manipularlo. El proceso de crear un sistema de este tipo, es considerado como una tarea para las personas que posean las siguientes condiciones:

- *Los expertos de un dominio específico del conocimiento.

- *Los ingenieros del conocimiento, diseñan el sistema y escogen métodos para la adquisición y representación del conocimiento.

- *Programadores del sistema experto, quienes resuelven los problemas asociados con la implementación del mismo. Conocen lenguajes como LISP y PROLOG o herramientas (shells) previamente diseñadas para el desarrollo del sistema.

Por otra parte, para crear un sistema experto deben existir las siguientes condiciones:

- *La pericia humana ya existe, los expertos son escasos, se requiere la pericia (expertise) en varios lugares simultáneamente o se está perdiendo la pericia por muerte de los especialistas.

- *Hay un buen retorno de la inversión.

- *Hay un grupo de especialistas dispuestos a transferir su conocimiento.

- *Existen ingenieros del conocimiento responsables de la transferencia del conocimiento.

- *Hay programadores disponibles para implementar el sistema

experto, si fuera necesario.

Las partes más importantes del sistema experto son el motor de inferencia y la base de conocimiento. El bloque deductivo o motor de inferencia es el procedimiento de razonamiento que emplea el sistema para formular preguntas al usuario (con una interfase apropiada) y llegar a conclusiones en función de la información recibida y la almacenada en la base de conocimientos, para de esta manera tomar decisiones. La base de conocimientos está conformada por el saber o pericia del o los expertos humanos previamente convertida a un modelo de representación (reglas de producción, redes semánticas, árboles de decisión, marcos, etc.).

SITUACION LATINOAMERICANA

El desarrollo de la Informática que acabamos de describir, esto es, las inter-relaciones entre la ciencia, la tecnología, la producción y la educación para su nacimiento y crecimiento, fue el correspondiente a las naciones industrializadas. Pero cabría preguntar: ¿Fue éste el mismo para los países latinoamericanos?

Las computadoras y sistemas afines fueron introducidos en Latinoamérica por impulsos que pueden considerarse exógenos. Los proveedores de computadoras se lanzaron a conquistar el mercado imponiendo productos y sistemas que carecían de demanda local, mediante soluciones a problemas que ellos mismos definieron. Este proceso produjo: una demanda muy elevada, sin relación con las necesidades reales de los usuarios ni los objetivos de utilización de los sistemas; un marcado desfase entre el equipo y los recursos humanos requeridos por el mismo, y un parque informático heterogéneo, con una cantidad de modelos desproporcionada al tamaño del parque, que en uno de los mayores países de la región llegó a 142 modelos para 230 entidades de la administración pública, en su mayoría incompatibles entre sí [3].

Como resultado de lo anterior, los países latinoamericanos se encontraron con serios problemas para el aprovechamiento de los equipos. Por una parte, hay una fuerte sub-utilización cuantitativa, que

llega en un número importante de casos al 45-55% de la capacidad [4], además de enormes dificultades para el mantenimiento.

Por otro lado, la limitación del SOFTWARE LOCAL es quizás la consecuencia más negativa del modo como se incorporó la tecnología no sólo porque se frustran las posibilidades de adaptar los sistemas a los usuarios, sino también porque el software representa más del 90% del costo total de los sistemas de informática a nivel mundial [5].

Las ventajas derivadas de la incorporación de computadoras o de la incorporación de dispositivos basados en circuitos integrados a los bienes de capital existentes, son compensadas en los países de la región por el creciente costo de uso de los mismos, que incluyen los costos de adquisición, instalación, adaptación, capacitación y mantenimiento.

ESTE COSTO ES MAYOR CUANTO MENOR ES EL CONOCIMIENTO DE LAS TECNOLOGIAS Y PRODUCCIONES VINCULADAS A LA INFORMATICA y, en consecuencia, tiende a ser mayor en los países de la región que en los países de origen de la tecnología, con lo cual disminuye la eficacia marginal de la incorporación.

CONOCIMIENTO: BASE DE LA TECNOLOGIA

La definición precisa de tecnología puede ser un tema de considerable debate, pero si nos limitamos a relacionarla únicamente con conocimiento tecnológico, podremos concentrarnos en cuatro de sus características más importantes por su contribución al crecimiento económico.

En primer lugar, las principales adiciones al acervo de conocimiento útiles, y la extensión de su aplicabilidad, han tenido un carácter acumulativo. Como resultado de ello, se ha expandido inmensamente el acervo mundial de conocimientos útiles. Esto se cumple de tal forma que se afirma que el volumen de conocimientos generados desde la Segunda Guerra Mundial a la fecha, es nueve veces mayor que todo el conocimiento generado desde los inicios de la civilización hasta esa guerra [6].

En segundo término, la evolución de tales conocimientos no se

ha restringido a un solo territorio geográfico, ni a un grupo racial. En la adición acumulativa a los conocimientos, ninguna nación o raza ha permanecido a la vanguardia durante largo tiempo.

Así pues, el conocimiento técnico ha tenido un carácter internacional. Sus fuentes han sido muchas a través del tiempo, y su imitación, adopción y adaptación realmente muy amplias.

Otro rasgo importante del acervo internacional y acumulativo de conocimientos técnicos del mundo ha sido su relativa facilidad de transmisión. Una vez que se ha demostrado su utilidad, el conocimiento técnico es usualmente, en palabras del Profesor Kuznets "independiente de los rasgos o talentos personales y de las vicisitudes institucionales". En este sentido difiere del conocimiento técnico de las sociedades tradicionales, incluyendo las habilidades que se utilizaban en las operaciones de pastoreo, la agricultura campesina y las artesanías.

Por último, es posible que el desarrollo de una faceta particular del conocimiento técnico haya implicado un costo económico; pero su transferencia es singularmente diferente de la transferencia de los bienes individuales. Una vez que se ha probado la adición al conocimiento, su empleo en cualquiera otra parte no disminuye su oferta al originador ni para otros.

Así pues, el conocimiento técnico es acumulativo en el crecimiento internacional en su origen, transmisible a través de las fronteras, y no disminuye la oferta al ser transferido.

EL CONOCIMIENTO Y LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

Si la tecnología siguiera las leyes de los fluidos, fluiría simplemente de un punto alto a otro más bajo. Las brechas tecnológicas y de ingresos serían fenómenos transitorios. Todos los países se volverían eventualmente iguales en lo económico. Y, los que están un poco atrás no tendrían que esperar mucho, pues la fuerza de gravitación impulsaría la tecnología hacia los puntos más bajos.

Pero la tecnología no parece fluir en esa idílica forma ya que su transferencia enfrenta muchos obstáculos. Particularmente serias son las limitaciones de su "mercado" y la débil posición negociadora de los

países en desarrollo.

Así, la tecnología se transfiere en numerosas formas. Entre ellas, las más importantes son las siguientes:

- a) La corriente de LIBROS, PUBLICACIONES PERIODICAS y cualquier otra información publicada ;
- b) El movimiento de personas entre países, incluyendo la inmigración, los viajes de estudio y de otra índole ;
- c) El CONOCIMIENTO de los bienes producidos en otras partes;
- d) El ENTRENAMIENTO
- e) Los INTERCAMBIOS DE INFORMACION y de personal mediante los programas de cooperación técnica ;
- f) La importación de maquinaria, equipos y dispositivos, y la literatura de documentación correspondiente ;
- g) Los acuerdos sobre patentes, licencias en general, y CONOCIMIENTOS TECNICOS, y
- h) La inversión extranjera directa y la operación de corporaciones multinacionales.

Los países en desarrollo utilizan simultáneamente casi todas estas formas, aisladamente o en combinación, para obtener los elementos de conocimientos tecnológicos que necesitan para establecer las instalaciones productivas requeridas. La elección de una o varias de estas formas depende usualmente de la naturaleza de la tecnología que se desca y de las capacidades técnicas ya existentes en el país en desarrollo.

Parte del conocimiento se obtiene mediante el libre flujo de la información. Otra parte viene incorporada en la maquinaria y

dispositivos importados y en los **CONSULTORES EXTRANJEROS**. Mientras más antiguo y fácil sea un conocimiento más probable resulta que esté disponible gracias a una o varias de las seis primeras formas anotadas anteriormente. Cuanto más moderno es el conocimiento, más probable resulta que esté en posesión de empresas o personas extranjeras; y usualmente tendrá que obtenerse mediante acuerdos de patentes, licencias y conocimientos, y mediante la inversión directa y la operación de corporaciones multinacionales.

Son principalmente las dos formas mencionadas en último término, las que se tienen en mente cuando se habla de la transferencia comercial de la tecnología. Pero resulta que en el caso de la Informática, y más específicamente, en el caso de los **SISTEMAS BASADOS EN EL CONOCIMIENTO, LOS SISTEMAS EXPERTOS Y LA INGENIERIA DEL CONOCIMIENTO**, la transferencia tecnológica adquiere un matiz totalmente diferente pues se trata de sistemas que incorporan conocimiento como su objeto de trabajo.

Este fenómeno no ha sido aún estudiado, debido a lo novedoso del campo y que se requiere un enfoque multidisciplinario para poder abordarlo con la rigurosidad científica que requiere el mismo.

La Ingeniería del Conocimiento y la Transferencia de Tecnología

Las sociedades tecnológicas, esto es, aquellas en las que todas las actividades humanas se supeditan a los desarrollos científicos y tecnológicos y se nutren de ellos, luchan actualmente por impulsar la Ingeniería del Conocimiento, porque en las mismas es de crucial importancia desarrollar la producción de conocimiento, el elemento vital que circula alimentando, y a su vez, alimentándose, entre los cuatro subsistemas interdependientes y fuertemente vinculados que son el soporte de su desarrollo como naciones.

Estos subsistemas son: el que está constituido por los científicos e intelectuales que acumulan, sistematizan, producen, critican y evalúan el conocimiento; el formado por quienes aprenden a usar el conocimiento y a aplicarlo; el constituido por los recursos humanos y materiales organizado para producir los bienes necesarios para la sociedad en su conjunto, en base al conocimiento aplicado; y el responsable de la

transmisión del conocimiento a todos los ciudadanos.

Por lo que CIENCIA, TECNOLOGIA, PRODUCCION y EDUCACION, conforman en estas sociedades un sistema que dinamiza a la sociedad completa.

En los países tercermundistas no ocurre de igual modo, pues las relaciones entre estos subsistemas, como ya dijimos anteriormente, son débiles o inexistentes, y han sido sustituidas o impedidas por múltiples relaciones de dependencia de cada uno de los subsistemas con sistemas de conocimiento de los países altamente industrializados.

Entonces, no es de extrañar que los dirigentes y planificadores de los países desarrollados fomenten la inversión de grandes recursos para la AUTOMATIZACION DE LA GENERACION DEL CONOCIMIENTO CIENTIFICO y TECNOLOGICO, que es el fin manifiesto de la Ingeniería del Conocimiento, y así incrementar la riqueza y el bienestar de sus naciones; baste señalar que según un estudio de A. D. Little [7], el volumen de negocios de la Ingeniería del Conocimiento en el año 2000 será de unos 100,000 millones de dólares.

Así, ningún país desarrollado realiza investigación ni crea tecnología en esta área para que la misma sea aplicada en los países subdesarrollados según sus necesidades particulares. En consecuencia, la transferencia de tecnología implícita en los equipos y sistemas que tiene lugar, nunca se ha propuesto eliminar el atraso y el subdesarrollo de la faz de la Tierra, sino incrementar el poderío y las riquezas de ciertas naciones. ¿Se puede esperar otra cosa, sin pecar de ser ingenuos?

Sólo el Tercer Mundo tiene la decisión de hacer algo por y para sí mismo en este sentido. De ahí que los científicos tercermundistas de este novedoso campo de investigación tienen la responsabilidad de dirigir sus esfuerzos a la apropiación del conocimiento de estas tecnologías fundamentadas en la incorporación del conocimiento "público" y "privado" de los expertos para revertirlas en favor del desarrollo de sus naciones.

CONCLUSIONES

En la actualidad se desarrolla una verdadera revolución en el ámbito científico que se manifiesta en la crítica profunda a los paradigmas

clásicos de la ciencia, en la importancia creciente de las disciplinas que unifican distintos campos de especialidad, por la valoración de enfoques humanistas integrales en el abordaje del conocimiento, y por el desarrollo de modelos "blandos" (no numéricos) en oposición o como complemento natural de los modelos matemáticos clásicos.

Esta revolución tiene su máxima expresión material y su herramienta más eficaz en las tecnologías asociadas a la computación y a las telecomunicaciones como, son la INTELIGENCIA ARTIFICIAL DISTRIBUIDA y la INGENIERIA DEL CONOCIMIENTO. Por lo que en conjunto, ciencia y tecnología están modificando el horizonte laboral.

Estas tecnologías son interesantes, no sólo por lo que permiten hacer, sino por la forma en que lo hacen. Por un lado, son tecnologías que facilitan relaciones horizontales, intercomunicadas y descentralizadas en el manejo del conocimiento; de otro, al ser tecnologías cuya «materia prima» es el conocimiento y la inteligencia se apartan de la tendencia contaminante y destructiva del medio ambiente ecológico que caracteriza a las tecnologías basadas en la transformación de masa y energía.

Y es así, que estas tecnologías de punta deberían estar al alcance de las naciones pobres. La brecha tecnológica y económica existente entre los grandes grupos de naciones tiende a aumentar como efecto de la Inteligencia Artificial Distribuida y la Ingeniería del Conocimiento, y es de difícil reducción. Si hay que elegir un rubro de especialización para nuestros esfuerzos científicos y tecnológicos, no dudariamos un ápice en señalar a estas tecnologías como las más acorde con el nivel de desarrollo humanista que países como los nuestros deberían estar en condiciones de generar.

Las corporaciones internacionales y los gobiernos de los países industrializados han hecho un esfuerzo enorme para desarrollar la tecnología electrónica por décadas; si hacemos un cálculo del dinero invertido por Estados Unidos y Japón, por citar dos ejemplos, en desarrollo de Software, microelectrónica y científicos, éste arrojaría un monto de miles de millones; pero por otra parte, la práctica ha demostrado que una vez desarrolladas estas tecnologías, pueden ser fácilmente adaptadas a las condiciones locales. Los países subdesarrollados pueden entrar en la industria del software inteligente y disminuir sus niveles de

dependencia, **AUMENTANDO SU CAPACIDAD PARA SABER Y SABER HACER.**

La Computación Inteligente no es ni una panacea universal ni un demonio. Se trata de un medio poderoso y las responsabilidades en relación con su uso y el logro de objetivos sociales importantes, deben ser asumidas por muchos en sus diferentes esferas de acción.

Debemos ser capaces de poner la Inteligencia Artificial Distribuida y la Ingeniería del Conocimiento al servicio de objetivos que podamos defender. Es una responsabilidad en las áreas de competencia del Estado, de las universidades, de las empresas, de los investigadores, de los educadores y de los pueblos mismos.

REFERENCIAS

- [1] Von Bertrab, Herman, **LA TECNOLOGIA Y LA INDUSTRIALIZACION**, Conferencia dictada en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México, 1978, pág. 45.
- [2] Snow, C. P., **THE TWO CULTURES AND A SECOND LOOK**, New York, 1966, pág. 73.
- [3] Secretaría de Programación y Presupuesto, **Política Informática Gubernamental**, México, D.F., 1979.
- [4] Secretaría de Programación y Presupuesto, *op. cit.*
- [5] Lahera, Eugenio y Nochteff, Hugo, **LA MICROELECTRONICA Y EL DESARROLLO LATINOAMERICANO**, Revista de la CEPAL, México, Abril de 1983, pág. 175.
- [6] Taller Andino en Sistemas Expertos y Robótica, Centro Internacional de Física, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia, 1989, pág. 124.
- [7] **MARKET TRENDS OF EXPERT SYSTEMS AND KNOWLEDGE ENGINEERING**, Intelligent Software Strategies, Paul Harmon, Editor, Volumen VII, No. 7, USA, Marzo 1992, pág. 12.