

Implicaciones de la nueva revolución industrial: nuevas tecnologías de información y su impacto sobre las estrategias de industrialización*

Leonardo Pineda-Serna*

Introducción

En una reunión internacional el año pasado, un conferencista hablando sobre estos tópicos de nuevas tecnologías de información decía que el peor temor para él era que mientras estuviera dictando la conferencia su tema hubiese pasado de actualidad.

Con esto, él quería llamar la atención sobre los cambios rápidos que se están presentando en los nuevos desarrollos tecnológicos. Desarrollos que antes necesitaban decenios, hoy suceden con una rapidez impresionante.

Hoy no podemos hablar más de un simple cambio tecnológico: el problema es más agudo y difícil de confrontar puesto que

* Conferencia dictada originalmente por el Dr. Leonardo Pineda-Serna, en el Seminario "Nueva Estrategia de Industrialización en Colombia", organizado por la Fundación Nueva Colombia Industrial, y dictada posteriormente en otros países latinoamericanos.

* Funcionario de la Subdirección de Estudios Sectoriales, División de Estudios e Investigaciones de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUFI).

es una Nueva Revolución Industrial (NRI) que está generando nuevos sistemas de operación y está llegando al sistema nervioso de la sociedad, de la economía y de la política. Aquí es donde radica el gran desafío: la NRI es un cambio de sistema radical, profundo y sustantivo que no va a dejar punto neurálgico sin tocar.

Sin embargo, está ofreciendo más oportunidades que amenazas y está gestando nuevas alternativas que antes en el tiempo y en el espacio eran difíciles de precisar. La primera característica de la NRI es su miniaturización, es decir en su tamaño y la segunda, ya mencionada tangencialmente, es la rapidez de su cambio.

La miniaturización se refleja no solo en sus componentes de insumos sino también en sus procesos. Hoy la oficina de un ejecutivo cabe en su maletín. Máquina de procesamiento de palabra, dictáfono, teléfono, todo conectado a una red de computador personal hacen que perfectamente su despacho esté en su auto, su casa o en apenas unos pocos metros cuadrados. Un análisis algo sistemático de esta situación señala que dicho ejecutivo no necesita secretaria, ni asistente personal, por ejemplo para cálculos de ingeniería, inversión, o un dibujante de arquitectura. Con la disminución correspondiente del valor agregado en estas actividades. Sin embargo, ese gran paquete tecnológico ha implicado el nacimiento de otras profesiones como la del creador de programas, el del capacitador que ha entrenado al ejecutivo, el conector de redes de datos y el técnico altamente especializado en el "hardware".

Es decir que mientras unas profesiones y empleos mueren, otras nacen. Este hecho ha sido comprobado en la Feria del Empleo *Technirama* celebrada en Washington, D.C. entre el 21 y 23 de julio de 1986 en el Crystal City Byatt. Estas son algunas de las nuevas fuentes de empleo generados por las nuevas tecnologías de información.

- Director-Consultor-Analista de Sistemas.
- Especialistas en sistemas de programas (software), con énfasis en Programas de comunicación.
- Especialistas en explicaciones de programas de bases de datos en el sistema MIS project manager.
- Ingenieros en comunicación, electrónica y computación.
- Especialistas en la utilización del Programa ESM.
- Ingenieros directores del sistema ESM.
- Especialistas en control de documentos.

- Ingenieros en "Hardware".
- Ingenieros en diseño de "Hardware".
- Ingenieros en "Hardware" de sistemas.
- Técnicos R.F.

En las fábricas la situación no es diferente. Los procesos de producción se calcula se han reducido entre un 30 y 50 por ciento con las implicaciones de baja de costos directos, ahorro de desperdicios y corte de materiales. Las máquinas se han aglomerado y hoy los robots hacen el trabajo sucio, desagradable y pesado que antes realizaban decenas de trabajadores y aún más se espera que el tamaño de las fábricas se reduzca y se multipliquen las actividades de subcontratación.

Esta miniaturización, debida a la automatización apenas ha comenzado. Su difusión es rápida entre un reducido número de países industrializados, mientras que otros países se encuentran a la zaga, otros buscan entrar en este juego de nuevas tecnologías de información.

Esta miniaturización se ha visto favorecida por el tiempo, no sólo en los cambios tecnológicos sino en el necesario de adaptación. El ingeniero puede ser capacitado ya no en 5 o 6 años como en el pasado, sino en un máximo de tres años. Supervisores, diseñadores por computador personal, y todos los niveles técnicos intermedios necesitan solamente una capacitación extensiva en su área, que en el extremo de los casos puede llevar un año.

Alemania Federal estima que para el año 2000 requerirá 25 mil ingenieros menos de los que actualmente están saliendo de universidades y escuelas técnicas. Esto ha hecho que se haga un replanteamiento de la política educativa en torno a los nuevos desarrollos tecnológicos. El ingeniero tradicional dejará de existir, para dar paso a cibernéticos, informáticos y una nueva generación de cerebros que formarán parte de una "invisible school" y serán los superhombres técnicos, lo cual ya ha comenzado a cristalizarse como se vio en el caso de *Technirama*, mencionado anteriormente.

Las consecuencias sociales de esta situación no se harán esperar, y los diagnósticos y propuestas que se hagan caerán en el plano de la retórica, ante la imposibilidad siquiera de jugar con escenarios extremos, tanto positivos como negativos.

Esta situación no sólo está afectando a los países industrializados. Los países en desarrollo están en igual forma suspensos en

torno a nuevas formas de desarrollo tecnológico que bien puede colocarlos en situación de franca desventaja, o puede ayudarles a superar problemas de tipo natural que antes eran impensables siquiera en el papel.

Manifestaciones de la NRI

La NRI, en su sistema, se manifiesta en las siguientes áreas:

- a. La microelectrónica y la tecnología de semi-conductores;
- b. La biotecnología y bioingeniería; y
- c. La nueva tecnología de materiales.

La microelectrónica comprende áreas de producción y proceso.

- a. Producción de chips;
- b. Máquinas o herramientas de control numérico computarizado (CNCMT);
- c. CAD/CAM ayudas de diseño y manufactura por computador;
- d. CIM sistemas integrados de producción;
- e. Robótica; y
- f. FMS sistemas de producción flexibles.

La experiencia de países en desarrollo en la producción de chips fue dramática. El caso de Singapur o Malasia son representativos de una industria que se consideró intensiva en mano de obra, hasta que se descubrió que había chips que podían hacer chips con un 99.9 de precisión, es decir, casi descartando completamente el error humano.¹ La consecuencia fue terminar contratos de trabajo, especialmente femenino, vinculado a esta actividad.

En la última rama, FMS, con algunos casos experimentales en la República de Corea y Brasil, en general se puede decir que los países en desarrollo no han entrado a esta área.

A partir de las máquinas herramientas de control numérico computarizado, estos sistemas pueden estar conectados en línea con un computador personal, lo cual permite almacenar una gran se-

¹ Now, a machine that can design chips-fast, *International Business*, 4 de junio de 1984, p. 38.

rie de informaciones y su posterior retrieval o recuperación, sólo a través de un programa generalmente disponible en el "hardware" del computador personal.

La microelectrónica

La microelectrónica se refiere esencialmente a la producción, proceso, transmisión y almacenamiento de información que a su vez es utilizada en la producción de bienes y servicios. Es una tecnología intensiva en capital y conocimiento científico. Su uso se extiende desde agricultura en sistema de irrigación, control ganadero y de cosechas. En la industria, las operaciones es monitorear y controlar más y más con la ayuda de la microelectrónica.

En el área de servicios bancarios, seguros, transporte, consultoría y construcción, la microelectrónica ha transformado profundamente la industria de la informática y de telecomunicaciones, lo cual ha dado origen a la telemática y a la transferencia de flujos de información fuera de fronteras (*transborder data flows*).

La incorporación de la microelectrónica en los productos ha incrementado en el final, eficiencia, confiabilidad y flexibilidad en la ejecución de funciones adicionales más variadas y mejoradas.

Debido a la microelectrónica los procesos de producción se han convertido en altamente automatizados, como se ilustra en el caso de las máquinas de control numérico computarizado, CAD/CAM, CIM, industrial robots y FMS.

La biotecnología

La biotecnología incluye la aplicación práctica de organismos biológicos, sistemas o procesos en las industrias manufactureras y servicios y/o su uso en la transformación de componentes naturales. Esta tecnología es el resultado de avances en biología molecular, bioquímica, genética, microbiología e ingeniería bioquímica.

La principal técnica usada es la biotecnología, la cual incluye la ingeniería genética, fusión celular y nuevas ingenierías de bioprocesamiento. Esta técnica es prometedora en la solución de una amplia gama de problemas relacionados a la producción de combustibles sintéticos, recuperación de materias primas, nuevos

métodos de fertilización de cultivos, alimentación de plantas y animales, control de pestes y tratamiento de desperdicios y permite además el mejoramiento en los métodos de producción de un gran número de productos tales como farmacéuticos, alimenticios y petroquímicos. Actualmente no existe aún producción industrial, sino de laboratorio.

La nueva tecnología de materiales

La nueva tecnología de materiales ha hecho avances relevantes en muchas áreas. Los materiales involucrados en estas tecnologías tales como cerámica fina, fibras ópticas, hierro amorfo, materiales plásticos y de fibra reforzada, permiten mejoras en la calidad de muchos productos existentes y conducen a la reducción de costos manufactureros a través del ahorro de energía y de materiales por medio de la reducción de peso. El caso más significativo es el de las fibras ópticas las cuales han comenzado a remplazar el cobre en las telecomunicaciones.

La aplicación de la microelectrónica como reductor de costos, particularmente por el incremento en la automatización ha permitido mejoras significativas en la productividad por trabajador, de allí cambiando la composición de los costos en favor de países en los cuales la fuerza de trabajo es relativamente escasa.

En este sentido muchas actividades de ensamble en zonas francas ("Off-shore") las cuales pueden considerarse lucrativas debido a los sueldos relativamente bajos de la fuerza de trabajo capacitada y no-capacitada, han sido restablecidas en los países industrializados ya que la automatización ha hecho posible centralizar la localización de la producción y así reducir aún más los costos.

Japón frente a las NRI

A título de ejemplo, vale la pena mencionar el caso del Japón. La estrategia industrial japonesa en torno a las nuevas tecnologías de información se basa en dos puntos guías.

- a. La promoción de nuevas industrias a través de la aplicación de nuevas tecnologías, la cual es ejecutada por empresas privadas y colectividades locales con el correspondiente apoyo estatal; y

- b. La creación de nuevos polos de desarrollo, llamados *Technopolis* concentrados en las industrias de "hardware" y "software".

Es importante distinguir, de una parte, entre las estructuras tradicionales y las nuevas estructuras y entre la industria pesada y la industria liviana; por la otra, teniendo en mente que las tecnologías de punta tienen un impacto sobre todo el sistema de producción.

De acuerdo a la distinción clásica, el sector correspondiente con los medios de producción comprende dos ramas: la mecánica y la electrónica, llamada *mechatronics*. Una nueva distinción se refiere a tres ramas más:

- a. Las nuevas máquinas "síntesis", las cuales incluyen los medios de producción en la industria nuclear, aeronáutica, del espacio y la marina;
- b. *Mechatronics*.

- i. Automóviles (con *mechatronics*) y relojes de control digital;
- ii. Máquinas de control numérico (NC) y de control numérico computarizado (CNC) las cuales pueden ser usadas como un sustituto del saber humano;
- iii. Robots, que se encuentran en tres etapas diferentes industriales.

- Robots industriales (RI) manipulados manualmente, usados en casi todas las industrias pequeñas.
- NC o playback robots, que son usados en la industria automotriz y en la industria química.
- Los robots inteligentes, creados por medio de tecnología sofisticada como resultado de la adaptación de sensores a la parte mecánica por el uso de la electrónica. El RI ha sucumbido ante tres diferentes etapas de cambio:
 - La etapa *mechatronics*.
 - La etapa OPT la cual ha hecho posible utilizar sensores en los robots y así incrementar las posibilidades de actuación.
 - La etapa bio-robótica resultante de la adaptación de un sensor especial a materiales bio-mechatronics.

Aquí debiera llamarse la atención que esta última etapa de robots inteligentes llevará a una nueva revolución industrial. La mezcla de bio-tecnología y mechatrónica abre una nueva era de posibilidades en la historia de las tecnologías de punta.

- c. El área de la telemática mueve procesamiento de datos lo cual no sólo lleva a desarrollos en la comunicación de la información, sino también en la comunicación por imágenes. Gracias a la telemática, ahora es posible controlar un sistema entero de redes de producción por medio de satélites. A fin de clarificar la aplicación de la telemática, deberá hacerse una distinción entre dos tipos de tecnología.
- i. El "área entera" de tecnología. La telemática puede ser aplicada en la rama tradicional de transformación de materias primas tales como hierro y acero, químicos y metal-mecánico. Puede ser aplicada en nuevas áreas tales como:
- nuevas formas de energía, por ejemplo el procesamiento de mineral de hierro hidronado y otros nuevos materiales de la industria siderúrgica y hierro amorfo;
 - aleaciones de alta pureza controlada de cristalinos;
 - nuevos materiales químicos, por ejemplo: cerámica pura y materiales de alto contenido molecular;
 - nuevos materiales mezclados tales como materiales textiles carbónicos altamente tensibles;
 - ingeniería genética y fijación de enzimas;
 - tecnologías blandas (*soft technology*).
- ii. El principal sector afectado es el de la ingeniería y consultoría para la preparación de estudios de factibilidad, diseño de construcción y capacitación de personal. También existe la distinción entre sectores que combinan software y hardware del área de la mechatrónica y aquéllos que solo usan software, por ejemplo, programación y análisis.

Consecuencias de la NRI

Las ventajas comparativas tales como bajos costos de mano de obra han sido siempre parte integral de las estrategias de desarrollo. Pa-

reciera que hoy las ventajas comparativas fueran artificiales, y más directamente dirigidas al dominio tecnológico. Industrias de conocimiento intensivo se han constituido más en la norma que la excepción.

Hoy estamos enfrentados con la microelectrónica, mañana con la biotecnología y en el horizonte la sustitución de materiales. Esto tendrá efectos profundos tanto en países industrializados como en aquellos en desarrollo.

Las múltiples consecuencias de las tecnologías de información, se explican por dos puntos interrelacionados entre sí:

- a. Económico;
- b. Sectorial y actividades que aplica; esto es concentración de Investigación y Desarrollo industrial.

Económico

En el centro de los nuevos desarrollos están los chips de memoria, los microprocesadores y las microcomputadoras, lo cual se constituye en las "tuercas y tornillos" de la revolución de la información. (Veáse Juan Rada en las referencias).

La llegada de las fibras ópticas, las cuales consisten en un tubo de vidrio reflectivo no más grueso que un cabello humano, pero transmitiendo mensajes en forma digital usando rayos laser. Un cable de fibra óptica puede transmitir 30 mil llamadas telefónicas simultáneamente, en diferencia a un paquete de cables de cobre de 10 pulgadas de diámetro y mayor peso. A medida que se superen ciertos problemas técnicos, la fibra óptica llegará a convertirse en el cable standard.

La digitalización de diferentes formas de información permite el uso de tecnologías de punta en varias áreas. Puesto que es una tecnología de organización y producción, como tal afecta:

- a. La producción, debido a la transformación de productos (relojes, cajas registradoras, máquinas, herramientas, etcétera) y procesos (producción en lotes, robótica, FMS, entre otras).
- b. El trabajo de oficina a través de la automatización de trabajo rutinizado (facturación, procesamiento de palabra, sistemas de archivo on-line PC-TX-WP).

- c. Servicios debido al incremento del auto-servicio y el remplazo de servicios persona a persona por bienes terminados (banco, seguros, supermercados, Terminal-Banco-PC).
- d. Flujos de información debido al desarrollo económico de redes y fácil acceso a la información ya almacenada.

La automatización al reducir la importancia del costo directo de mano de obra, implica que la incidencia de este factor de producción disminuye y otros, como capital, equipos, diseño y administración, serán mucho más importantes. Al mismo tiempo habrá un desplazamiento de requerimientos de personal capacitado hacia aquellos basados en software y sistemas de ingeniería los cuales son más difíciles de alcanzar y desarrollar comparados con los ya comúnmente usados en las industrias básicas del pasado.

Sectorial y actividades de aplicación

El desarrollo de las nuevas tecnologías de información ha modificado el concepto tradicional de automatización, ligado al de rigidez de fabricación, cuyo principal exponente es la línea transfer, y ha generado un nuevo modelo de fabricación en que se permite la automatización con un grado importante de flexibilidad. Esta unión de la automatización con la flexibilidad es lo que se ha venido a denominar automatización avanzada.

La industria electrónica ha usado tradicionalmente instalaciones llamadas "off-shore" (maquiladoras) para el ensamblaje y producción de los chips. Hoy, debido a la automatización avanzada, la industria se está desarrollando en una nueva generación de plantas en países desarrollados, las cuales ven la automatización como el único camino para minimizar costos, incrementar eficiencia, mantener niveles de empleo en sus países de origen y su cercanía a su uso y consumo final.

Ciertas operaciones permanecerán en los países en desarrollo a fin de explotar mercados regionales o para ensamblaje y prueba de chips donde los volúmenes de producción no justifican el montaje de plantas automatizadas.

En el caso de la industria textil la situación bien podría ser la de no retirar las plantas de los países en desarrollo, pero sí la de

mantener la producción corriente en los países desarrollados y recuperar el terreno perdido.

El efecto combinado de automatización avanzada e innovaciones basadas en la electrónica está reforzando la transición de la industria textilera como un todo hacia la de altamente tecnificada, fuertemente orientada hacia Investigación y Desarrollo y desarrollo de software. Habrá mejoras en el diseño de productos y procesos, calidad, planeamiento y mercadeo, las cuales de por sí ya son ventajas para los países industrializados.

Proyecciones para el año 2000 sugerían que la producción textilera sería tan intensiva en capital que las diferencias debidas a costos de mano de obra no jugarían más un papel determinante ni decisivo en el costo total del producto, como lo es hoy en día.

La anterior proyección fue hecha en el año 1976 por W. Hardt en un estudio sobre la industria textil comisionado por la Conferencia Mundial de la Lana.

Se concluye que la industria textilera no gozará de la misma importancia en los países en desarrollo como en el pasado ni siquiera siendo de bajas inversiones, ni generadora de empleo ni de divisas.

Es sólo una cuestión de tiempo, tan pronto como la tecnología de punta tome forma comenzará entonces la relocalización de las plantas en países más avanzados. Una tendencia similar se presenta en la industria del cuero y calzado. En esta industria lo que es importante es el proceso innovador en vez del tener acceso a la tecnología de un producto dado. Esto es debido al corto ciclo de los productos.

No obstante, es importante distinguir entre los diferentes sectores secundarios de la industria. En algunos, por ejemplo la microelectrónica, la innovación de las tecnologías automatizadas, es susceptible de reducir la ventaja comparativa establecida en los países en desarrollo con bajos costos salariales. En otros sectores, como electrónica en artículos de consumo, las indicaciones son menos pesimistas.

Los elevados costos de inversión y mano de obra especializada que representa la entrada a la industria microelectrónica aconsejan cautela frente a estrategias mal dirigidas que ponen de relieve la expansión de sectores secundarios inapropiados en los países en vías de desarrollo.

El sector de la industria de confecciones es una fuente importante de exportaciones y empleo en Colombia. Si se dispusiera fácilmente de una tecnología automatizada, la ventaja comparativa podría pasar de nuevo a los países industrializados.

Esto adquiere aún mayor importancia por el hecho de que la tecnología básica es semejante a la utilizada en las industrias del cuero y calzado, que también constituyen importantes fuentes de exportaciones. La tecnología de la industria de confecciones ha permanecido notablemente estática durante el último siglo y apenas han existido barreras tecnológicas para los nuevos participantes. No obstante, la introducción de la microelectrónica comienza a influir en estas industrias y empiezan a erosionarse las ventajas por costos salariales bajos.

Por la acción de la nueva biotecnología gran número de industrias tendrán que sufrir cambios sustanciales. *La farmacéutica*, en la producción de hormonas, inmunoproteínas, enzimas, antibióticos y nuevos fármacos proteicos y no proteicos. *La química*, en la producción de polímeros, fertilizantes y pesticidas, utilizando recursos naturales renovables, lo que permitirá reducir la contaminación ambiental por ser sus desechos biodegradables. *La industria*, en la fabricación de helados, caramelos, gelatinas y edulcorantes; en la producción de pan, vino y cerveza empleando levaduras modificadas por ingeniería genética, y en la preparación en gran escala de alimentos para animales y humanos mediante microorganismos usados para producir proteínas a partir de materias primas tales como hidrocarburos derivados del petróleo y carbohidratos provenientes de madera o de melaza de caña o remolacha. Está también el uso de bacterias, levaduras, enzimas y de otros organismos como agentes de transformación, y el empleo de la moderna tecnología del ADN (ácido desoxirribonucleico) recombinante, con el objeto de combatir enfermedades, desarrollar variedades más productivas de animales y plantas y de producir toda una amplia gama de nuevos servicios.

En la agricultura, mediante los cultivos de células y tejidos, podrá lograrse la multiplicación masiva de variedades de plantas con características genéticas de indiscutible utilidad económica. Por ejemplo, será posible obtener plantas resistentes a los patógenos y a las condiciones climáticas adversas. Es decir, mediante la aplicación de la biotecnología se estará en capacidad de proporcionar al sector agrícola una variedad de plantas con propiedades genéti-

cas que les permitirá resistir las condiciones más desfavorables, logrando un mayor rendimiento por hectárea cultivada.

En el campo de *la biomedicina la bioingeniería* permitirá producir vacunas, antígenos y antisueros así como sistemas de diagnóstico basados en cuerpos monodonales o polidonales. Será factible la producción de ondas moleculares de uso diagnóstico, el cultivo de células microbianas, animales y humanas, el desarrollo de métodos de extracción de productos de importancia médica, como los interferones. Será posible también usar microorganismos para sintetizar proteínas virales que pueden ser utilizadas en la obtención de vacunas más eficientes contra enfermedades graves, como la hepatitis.

La NRI y la Nueva División Internacional del Trabajo

El desarrollo de estas nuevas tecnologías está significando para los países en desarrollo un desafío, el cual bien podría ponerlos entre la necesidad de una política de desarrollo replanteada hacia búsquedas más flexibles que permitan mantener el sector manufacturero al día en los avances técnicos, o simplemente aceptar como un hecho que son más las posibilidades de perder que las de ganar por los avances tecnológicos.

La tecnología de información está invadiendo todos los terrenos no solo en la estructura económica de los países industrializados, sino también ha alcanzado ciencias menos exactas como la económica pues ya un nuevo factor de producción está emergiendo en el panorama de la teoría económica. Ya no solamente la dotación de los países se refiere a: tierra, capital y fuerza de trabajo, sino que se habla del microprocesor como factor de producción. El argumento es países con mayor capacidad microprocesora, y países carentes de esta capacidad. Este hecho irrefutable está planteando, también una Nueva División Internacional del Trabajo, la cual podría resumirse así:

- a. Países Informatizados, es decir los altamente industrializados (con altísima capacidad microprocesora de información) —Japón, Estados Unidos, Alemania Federal;
- b. Países industrializados con buena dotación de capacidad microprocesora de información —Suecia, Francia, Italia;

- c. Países en proceso de industrialización acelerada, con procesos rápidos de información "Los nuevos países industrializados";
- d. Países en desarrollo con capacidad manufacturera y estructura dualista (primario-exportadora) —Colombia, Venezuela, Paquistán, etcétera; y
- e. Países de menor desarrollo económico relativo.

Esta Nueva División Internacional del Trabajo ha atomizado las relaciones internacionales, pero aunque parece contradictorio ha aumentado la necesidad de inter-dependencia entre los países. Quizás donde más se refleja esta contradicción es en el caso de los países en desarrollo de los grupos *d* y *e* o sea países con capacidad manufacturera y estructura dualista y los países de menor desarrollo.

Mientras el grupo de países en proceso de industrialización acelerada cuentan con estructuras productivas que los hacen relativamente menos vulnerables a las cambiantes situaciones internacionales, los grupos *d* y *e* antes mencionados se encuentran en el terrible dilema de la estrategia económica a seguir que les permita ajustarse a los cambios estructurales externos, sin que ello signifique sacrificar parte del terreno ya ganado cuando fueron adoptadas políticas industriales que para el momento eran consideradas como las más adecuadas.

Colombia ante la NRI

Esta es precisamente la situación en el caso colombiano. Un dilema que nos obliga a plantear una serie de preguntas en torno a una estrategia de industrialización que debe tener como objetivo primordial alcanzar metas sociales de distribución de ingreso, bienestar social, empleo y estabilidad económica. Una política que debería ser coyuntural por las cambiantes situaciones en el mercado internacional del café y otros productos básicos, pero también con planteamientos a largo plazo que den lugar a cambios económicos estructurales, cada vez más ajustados a los nuevos procesos técnicos disponibles.

Bien podría decirse que en el pasado, Colombia adoptó una sana política industrial hacia adentro con el proceso de sustitución de importaciones, hacia fuera con la política de promoción de exportaciones de manufacturas y semi-manufacturas. Sin embargo,

esta política industrial tuvo más un carácter de terapia de choque para hacer reaccionar la economía en el corto plazo. En el largo plazo no hubo suficiente lucidez, por ejemplo, para mantener una política de sustitución de importaciones que permitiera a través de un sustancial periodo de tiempo utilizar todas las herramientas para proteger debidamente la industria nacional ante la competencia externa. Mas, creo yo, por razones de inexperiencia, que por un hecho deliberado. El paso hacia la etapa de promoción de exportaciones no debiera haberse considerado aislado de la política hacia adentro. Debieron y deberán complementarse uno a otro a través de ajustes coyunturales, pero enmarcados dentro de un marco conceptual futurista.

Aquí está la real tarea por emprender. El país no puede seguir moviéndose dentro de esquemas cortos en el tiempo. Es absolutamente necesario cambiar la actitud hacia la política de desarrollo. Empezar una política... industrial sana e irreversible, enmarcada dentro del concepto general de una "Nueva Política de Industrialización", la cual deberá calificarse con cuatro características fundamentales:

- a. Deberá ser formulada con un planeamiento en el largo plazo (10 años);
- b. Deberá ser selectiva en sectores manufactureros que denoten una relativa ventaja comparativa nacional e internacionalmente;
- c. Deberá contener elementos que permitan ajustarla coyunturalmente en el corto plazo; y
- d. Deberá formularse en torno a una Política Tecnológica que tenga como punto de referencia el desarrollo de las nuevas tecnologías de información.

Una "Nueva Política de Industrialización" (NUPOI) en Colombia tiene que ser el reflejo de acciones deliberadas y coordinadas a nivel nacional entre el sector público y el sector privado. La NUPOI podrá llegar a ser exitosa en el momento en que se reconozca que los beneficios que de ella se deriven sólo podrán ser conseguidos después de una larga tarea que involucre todos los entes económicos.

La formulación de una política tecnológica es el fundamento sobre el cual la NUPOI tiene que discutirse. Dentro de este tema,

las nuevas tecnologías de información deben ser consideradas como el alma de toda esta nueva formulación.

Las nuevas y convergentes tecnologías de información probablemente tendrán un efecto dual en la actividad exportadora y sus posibilidades en Colombia. Mientras la posición competitiva de las exportaciones colombianas en el mercado internacional pueden ser erosionadas debido a estos cambios tecnológicos, también es cierto que las nuevas tecnologías ofrecen nuevas oportunidades de producción, las cuales si se adoptan y diseñan a tiempo y son debidamente explotadas por el país, pueden incrementar su actividad exportadora. A cuál de las dos posibilidades se aplica, y para qué productos, es una cuestión de alta relevancia de la política a ser adoptada por el país.

El país aún depende de sus exportaciones de café y algunos productos semi-procesados como alimentos, hasta productos terminados en madera y ahora minerales. Los productores de bienes básicos se verán afectados probablemente de dos formas. Por una parte la aplicación de nuevas tecnologías crea nuevos y más eficientes procesos de producción para los productos existentes, lo cual economiza la cantidad de energía usada y los insumos de materias primas por unidad de producto final.

Estas nuevas tecnologías también crean mayor flexibilidad respecto a insumo de materias primas, haciendo posible sustituir un producto básico por otro si las condiciones del mercado lo hacen económico. Por otra parte, la aplicación de nuevas tecnologías conduce a la creación de nuevos productos finales e intermedios, muchos de los cuales pueden sustituir productos básicos.

Como ejemplo se puede citar aquí el llamado Plan de Automatización Industrial Avanzada (PAUTA) de España. En este Plan se consideran dos líneas de acción:

- a. Difundir y promover la utilización de las nuevas tecnologías de información ya que la Automatización Avanzada afecta horizontalmente a toda la industria transformadora y configura un nuevo modelo de competencia industrial; y
- b. El plan pretende generar las tecnologías básicas, los productos y las tecnologías de aplicación que conforman la Automatización Avanzada, de tal manera que se pueda generar una oferta competitiva por la industria española de estos productos y servicios.

El PAUTA se estructura en base a cinco programas:

- a. *Programa de desarrollo de tecnologías básicas:* Enfocado a la generación de las principales tecnologías que en el futuro afectan a la Automatización Industrial y muy en concreto a la Inteligencia Artificial;
- b. *Programa de desarrollo de tecnologías industriales:* Dirigido al desarrollo de sistemas robotizados de fabricación y a los elementos y equipos que se utilizan en Automatización Avanzada;
- c. *Programa de desarrollo y difusión de aplicaciones industriales:* Cuyo objetivo es extender las tecnologías de fabricación flexible en la industria española;
- d. *Programa de formación:* Para la generación de los recursos humanos necesarios para la ejecución del Plan en sus diferentes niveles:
 - Personal investigador
 - Técnicos de fabricación
 - Directores de producción; y
- e. *Financiamiento:* A través de los mecanismos ya establecidos en el Plan Económico Industrial para el financiamiento de las inversiones en material electrónico por las empresas de otros sectores industriales y la instrumentación de un mecanismo de "leasing" para la adquisición de robots.

Las nuevas tecnologías de información poseen un formidable reto para la política de industrialización. Tres principios generales se aplican al uso de estas tecnologías. (Véase Rada p. 45).

El *primero*, es la necesidad de una política nacional basada en la selectividad de aplicaciones y orientada a superar los cuellos de botella y a optimizar el uso de los recursos disponibles, en vez de utilizar la tecnología para reemplazar fuerza de trabajo o incrementar eficiencia, lo cual podría hacerse por otros medios. Esto indudablemente requiere una política que balancee los pros y contras del problema.

El *segundo*, es la necesidad de asegurar fuentes diversas de suministro en el mercado y evitar llegar a depender de sólo un determinado número de compañías, las cuales pueden distorsionar precios debido a su desproporcionado poder en el mercado. Esta política debe estar acompañada de una política de software. La reservación de segmentos de mercado para equipo ensamblado o producido nacional o regionalmente también deberá ser considerado aquí. Por el lado de los servicios, el paquete tecnológico deberá ser desagregado

de tal forma que la conversión de programas (software) y otros servicios podría ser hecho localmente, siempre y cuando se adopte una política de desarrollo de personal y de firmas locales.

El tercero, es la necesidad de monitoreo de la integración nacional de productos electrónicos manufacturados o ensamblados total o parcialmente. Esto es importante porque debido al cambio técnico el cuadro puede distorsionarse. Especialmente el propósito será el de acrecentar lentamente la propia capacidad nacional en esta área a la luz de los cambios corrientes.

Desde el punto de vista histórico apenas se ha prestado atención a las repercusiones de los cambios técnicos radicales en las estrategias de desarrollo. En el contexto actual de bajos índices de crecimiento económico, las innovaciones basadas en la nueva tecnología de información están teniendo importantes consecuencias sobre estas estrategias, especialmente en relación con la división internacional del trabajo. Por tanto es importante considerar el cambio técnico dinámico con referencia a la industria de semiconductores donde parece observarse una fuerte tendencia hacia la reducción de la dependencia exterior de la industria en los países en vías de desarrollo.

La automatización inducida por las nuevas tecnologías de información asegurará que algunos países industrializados que se aventajen sobre la base de Investigación y Desarrollo, las aplicaciones prácticas y una divulgación más rápida, tengan una ventaja comparativa en relación con el resto del mundo durante bastante tiempo en un futuro inmediato.

Las tecnologías de información están siendo tan centrales en el desarrollo industrial que nuevos países en desarrollo se ven tentados a hacerlas la piedra fundamental de sus estrategias futuras, como ocurrió con la industria siderúrgica en la etapa de sustitución de importaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. *Biotecnología*, Caracas, Venezuela, 1985.
- Ebel, Karl H. "The impact of industrial robots on the world of work", *International Labour Review*, vol. 125, núm. 1, January-February 1986, pp. 39-51.
- Forester, Tom. (Editor), *The microelectronics revolution*, Oxford, 1981.
- Junne, Gerd. "New technologies and third world development", *Vierteljahresbericht*, núm. 103, März 1986, pp. 3-10.

- Kaplinsky, Raphael. "Comparative advantage in an automating world", *Bulletin of the Institute of Development Studies*, March 1982, vol. 13, núm. 2. Diferentes artículos tratan el tema.
- Ministerio de Industria y Energía de España. *Plan de Automatización Avanzada (PAUTA)*, Madrid, España, (s.f.).
- Nogachi, Tasuku. "High technology and industrial strategies in Japan", *Labour and Society*, vol. 8, núm. 4, October-December 1983, pp. 383-392.
- Owen, A.E. *Economist Intelligence Unit (EIU), Chips in industry, an overview of the interaction and application of microelectronics, robots and manufacturing industry*, Special Report, núm. 135, London 1982.
- Rada, Jean F. "The microelectronics revolution: Implications for the third world", *Development Dialogues*, 1981, núm. 2, pp. 41-67.
- UNCTAD. New and emerging technologies: What impact on developing countries?" *UNCTAD Bulletin*, núm. 209, February 1985.