
MICROELECTRÓNICA, ALGUNAS OBSERVACIONES MARGINALES

GERARD K. BOON*

INTRODUCCIÓN

EL TEMA DE LA INFLUENCIA de la revolución microelectrónica sobre la división internacional del trabajo forma parte de una problemática mayor, a saber, la influencia del avance técnico sobre la división internacional del trabajo.¹ Hasta ahora ha sido escasa la investigación sistemática y sustancial desarrollada en este campo.² Algunos puntos sobresalientes del tema son los siguientes: fundamentalmente, hay que hacer una clara distinción entre el desarrollo, la producción y la aplicación de la tecnología, fases muy distintas entre sí y con problemáticas específicas. El avance técnico conlleva ventajas para el área o la empresa que lo desarrolle y aplique. El avance técnico crea supremacía y por lo tanto dependencia y casi exclusivamente tiene lugar en aquella área económica y tecnológicamente muy desarrollada del mundo. La tecnología y el avance tecnológico no son por lo tanto neutrales, sino que están sumamente condicionados por la cultura de área de origen. Tanto es así, que parece justificado hablar de geotecnología y avance geotecnológico, con sus consecuencias geoeconómicas y geopolíticas. En otras palabras, el avance

* Investigador asociado de El Colegio de México y Presidente de la Technology Scientific Foundation, con sede en Nordwijk, Países Bajos. Esta última institución tiene por objeto investigar y discutir el papel de la tecnología en el proceso de desarrollo de los países del Tercer y Primer mundo, al igual que en su interacción.

¹ Véase, entre otros trabajos, el de J. F. Rada, "Microelectronics, Information Technology and its Effects on Developing Countries", Centro Europeo para Coordinación e Investigación en Ciencias Sociales, Centro de Viena, Julio de 1979, próximo a publicarse en español por El Colegio de México.

² Para algunos aspectos véase *Technology and Employment in Footwear Manufacturing* (Tecnología y Empleo en la Fabricación de Calzado) y *Technology Transfer in Fibres, Textile and Apparel* (Transferencia de Tecnología en Fibras, Textiles y Vestido), Alphen, Países Bajos, Sijthoff-Noordhoff, International Publishers. Esta última será publicada en español por El Colegio de México.

tecnológico es indirecto e implícitamente, un instrumento de dominación.

En este artículo, de modo muy abreviado, resumiremos primero algunas características importantes de la tecnología, y luego focalizaremos la atención en el retorno de desarrollo de la tecnología en el pasado. Posteriormente hablaremos del ritmo con que posiblemente se aplicará la tecnología en el futuro, en los países desarrollados y en vías de desarrollo, el grado de control de la nueva tecnología por parte de las empresas multinacionales y la influencia de la microelectrónica sobre la división internacional del trabajo.

Esta problemática también es importante para México. No solamente se encuentra en el país una industria electrónica considerablemente desarrollada sino que además las diferentes aplicaciones de la microelectrónica son de gran importancia para el proceso de industrialización mexicana y para el empleo. Este artículo no se ha escrito específicamente para México, sin embargo contiene información que juzgamos de importancia directa para este país.

Características

La microelectrónica es una tecnología:

- que está muy comprimida e integrada,
- que forma una unidad funcional, o sea que puede desempeñar por completo una tarea desde el principio hasta su fin, en sus diferentes facetas,
- que tiene grandes posibilidades potenciales de aplicación, tanto en la esfera del consumo, la producción como en la militar,
- que en una forma específica puede producirse con costos rápidamente decrecientes por unidad.

Las aplicaciones más conocidas y también más exitosas de la tecnología se hallan hasta la fecha en los siguientes terrenos:

- Computación y cálculo,
- Administración y contabilidad,
- Reproducción de sonido y documentos,
- Información y comunicación,
- Navegación aérea y espacial.

Otras importantes aplicaciones futuras se encuentran en el terreno de los bienes de consumo duradero (automóviles, aparatos domésticos), la recreación y, muy importante, en la tecnología y los bienes de capital. Esta aplicación no solamente se refiere al producto final sino también a la producción de este último.

Ritmo de desarrollo

La microelectrónica se ha desarrollado con gran velocidad. Sin embargo, la ley de los rendimientos adicionales decrecientes se aplica a la investigación y al desarrollo y por consiguiente es de suponer en que el ritmo de desarrollo de la tecnología básica para el futuro será menor de lo que ha sido en los últimos quince años. Cada día será más difícil seguir perfeccionando algo que en sí ya es muy perfecto.

Por lo tanto, no obstante que disminuyan rápidamente los gastos de producción por unidad para un *chip* dado, se observa que aumentarán los gastos de desarrollo para un *chip* tecnológicamente más complejo, teniendo en cuenta la ley de rendimientos adicionales decrecientes. Al mismo tiempo se da un marcado incremento de los gastos de inversión para producir las unidades microeléctricas. Debido a la gran demanda de *chips* y a la tendencia decreciente de los gastos de producción por unidad, que afectan la rentabilidad de los productos, y por el aumento de los gastos de inversión para producir estas miniaturas complejas, surge una discrepancia entre oferta y demanda, que impulsa el precio de los *chips* hacia arriba. La constante disminución actual del precio del *chip* se ha trastocado por un provisorio incremento en el precio del mismo,³ hecho inesperado para los múltiples pronósticos que se hicieron en el pasado.

Las observaciones anteriores se refieren a la tecnología básica. De gran importancia social asimismo es el ritmo con que ésta es combinada con muchas otras tecnologías. En otras palabras, es de notar la rapidez de la difusión microelectrónica en los bienes de capital que depende en gran parte de cuatro factores: el tecnológico, el humano, el social y el económico.

Gran número de problemas tecnológicos deben ser resueltos antes de aplicar la microelectrónica en forma económicamente eficaz, dentro de otras tecnologías. Es totalmente irreal pensar que esta incorporación tenga lugar de forma más o menos automática. Se requiere un gran ingenio tecnológico y a la vez gastos elevados, para convertir una aplicabilidad potencial en una real. Tanto en el plano humano, productivo, como de consumo, hay a veces mucha resistencia a los cambios en general, pero sobre todo si estos cambios afectan las posibilidades de ingreso y el patrón de vida, como consecuencia de la aplicación de una nueva tecnología. Por ello, habrá muchas fuerzas sociales que ofrecerán resistencia a la incorporación de la tecnología, para influir así, en forma indirecta, también sobre el ritmo de desarrollo y la expansión horizontal

³ Micro-electronics survey: All that is electronic does not glitter, (no todo lo que es electrónica brilla), *The Economist*, 1o. de marzo de 1980. Sin embargo, en el momento de publicación de este artículo el precio del *chip* esta influido por la recesión económica en el mundo industrial; en otras palabras la demanda bajó y el precio del *chip* tiene por el momento una tendencia a bajar también.

de la tecnología básica. Esta influencia se genera a través de las fuerzas del mercado y las expectativas de ganancias, es decir, debido a consideraciones puramente económicas.

El ritmo de aplicación

Como ya señalamos, el ritmo de aplicación influye sobre el ritmo de desarrollo de la tecnología. Ahora bien, es probable que la microelectrónica se aplique más gradualmente de lo que se creía al principio. Esto se correlaciona directamente con los puntos ya señalados, o sea, las resistencias tecnológicas, humanas y sociales en contra de la aplicación de la versión combinada de la tecnología, pero también con los problemas de producción dentro de la tecnología básica. Este último problema es de carácter temporal y no fundamental. En aquellos lugares donde la nueva tecnología puede crear trabajo, donde la mano de obra es escasa porque el trabajo no es atractivo o porque la escolaridad requerida es muy escasa, las resistencias humanas y sociales ejercen menos presión o ni siquiera están presentes. Por lo tanto, puede decirse que en estas actividades, la nueva tecnología romperá las barreras con mayor velocidad. En estos casos, la tecnología tendrá un efecto casi totalmente positivo y podrá hacer una contribución directa al bienestar humano. Sin embargo, es evidente que esta posibilidad de aplicación es una función del desarrollo económico y social de una comunidad. También puede limitar las posibilidades de los trabajadores migrantes temporales y de los trabajadores ilegales en los países económicamente muy desarrollados. (Como ejemplo están los trabajadores mexicanos en los Estados Unidos.)

La aplicación en el Tercer Mundo

La aplicación de la nueva tecnología en los países en vía de desarrollo puede suponerse que se desarrollará con mayor lentitud que en los países desarrollados. Para las compañías que son controladas directamente o en forma indirecta por empresas multinacionales o internacionales, la situación es, por razones obvias, distinta. En la parte más moderna del sector formal, las resistencias a la introducción de la nueva tecnología podrían ser menores que en los países desarrollados; los "jefes de industria" tienen un poder casi ilimitado; pero hay otras razones que crean fuerzas opuestas. La nueva tecnología es por el momento más intensiva en capital y depende en mayor grado de las condiciones de interconexión entre sectores y ramas que son muy escasas en los países en vía de desarrollo. Estas condiciones se refieren a la calidad y a la uniformidad de las materias primas, a la planificación interna de la producción y la organización, a las facilidades de mantenimiento y reparación y sobre todo a la capacitación en programación. La tecnología regida o controlada por la microelectrónica requiere una instrucción en programación y evaluación difícil de crear que exige a la vez mayores niveles de pensamiento abstracto

que la preparación para el uso de la tecnología convencional. Por este motivo, también considero no probable que esta nueva tecnología industrial, dentro del sector informal, pueda desempeñar un papel de importancia en los países en vía de desarrollo. El criterio de formal, semiformal o formal que se maneja aquí, se refiere al grado de integración de la actividad o sector correspondiente en el acontecer legal y oficial de un país. Así las actividades informales de la producción se refieren a lo que se desarrolla total o en gran parte fuera de dicho acontecer. Con frecuencia en los países en vía de desarrollo, los trabajadores del sector informal son analfabetas. Sin embargo, la aplicación de la nueva tecnología en el sector moderno de los países en vía de desarrollo puede estimular la subcontratación al sector semiformal que genera ahora relativamente mucho empleo. En este sentido hay una interacción más o menos similar entre sectores económicos con diferentes grados de formalidad y de modernización en el interior de un país y entre países desarrollados y subdesarrollados. La división del trabajo interna de los países en vía de desarrollo, no será, creo yo, influida mucho, a medio plazo, por la aplicación de la tecnología microelectrónica en el sector moderno. El sector semiformal continuará produciendo con costos menores. (Los efectos de la aplicación de la microelectrónica sobre la división de trabajo internacional se tratan más adelante.)

Además de exigir una capacitación específica, el precio de la nueva tecnología cumple un papel fundamental en las posibilidades de su aplicación. Por ejemplo en la Argentina, un torno de programación electrónica cuesta seis veces más que un torno comparable convencional. Con estas proporciones de inversión se excluye que la nueva tecnología encuentre una aplicación general. Esto cambiaría si la nueva tecnología bajara mucho de precio. Pero a corto plazo, no se prevé una disminución tal de los precios en América. Muchas versiones de la nueva tecnología son importadas, por lo que el precio en el mercado interno depende del régimen y los derechos de importación.

Las observaciones anteriores se refieren a las aplicaciones industriales en empresas nacionales en el Tercer Mundo. La implantación de aparatos electrónicos en el sector de servicios modernos y en la aviación, en la banca, podrían ser comparables a lo que se experimenta en Europa respecto a este problema.

La razón de este hecho radica en que dado el carácter internacional de esta clase de empresas de servicios, el efecto demostración se ejerce con mayor intensidad, en tanto que debido a la gran concentración de capital, se pueden encontrar los medios de inversión requeridos para la introducción de esta nueva tecnología antes de lo que ocurre en el sector industrial nacional. Para países como Brasil que tienen una marcada preferencia por los últimos adelantos de la tecnología, parece socialmente peligroso el carácter de ahorro de empleo que conlleva la microelectrónica.

La microelectroinformática producirá una tendencia a aumentar la dependencia económica y tecnológica del Tercer Mundo. Los bancos de datos —controlados particular o públicamente—, las ciencias y las técnicas, harán que los conocimientos del Primer Mundo sean más accesibles al Tercer Mundo, pero a la vez implicará que ahora, más que nunca, se impondrá al Tercer Mundo un conocimiento bien organizado, cultural y socialmente condicionado. La electroinformática intensificará la tendencia a una división del Tercer Mundo en países que ya cuentan con una capacidad de absorción potencial de estos conocimientos, y países que todavía no la hayan adquirido o lo hayan hecho en un grado mucho menor. Los países de reciente industrialización se acercarán más al Primer Mundo en cuanto a su nivel de desarrollo. Sin embargo, es posible que estos países no deseen ser incorporados en el Club del Norte sino que prefieran convertirse en líderes de zonas regionales del Tercer Mundo.

¿La microelectrónica como un monopolio?

No toda la tecnología que contiene microelectrónica es controlada por las empresas multinacionales. Ya hicimos distinción entre la tecnología básica microelectrónica y la aplicación de ésta en otras tecnologías. En la medida en que atañe a la tecnología industrial, podemos diferenciar la tecnología convencional, que carece de microelectrónica y, la tecnología nueva o combinada en donde, en efecto, ella sí está presente.

No entraremos en discusión sobre quién ha desarrollado la tecnología microelectrónica básica, las empresas multinacionales o las pequeñas empresas en los Estados Unidos tecnológicamente muy especializadas. En este momento es un hecho que los *chips* son producidos por empresas relativamente pequeñas, en los Estados Unidos y sobre todo en Japón, y por compañías multinacionales. Las primeras venden su producto, en tanto que las multinacionales producen los *chips*, en primera instancia, para satisfacer sus propias necesidades. De todos modos, los *chips*, como tecnología básica y bajo ciertas formas aplicada y semiterminada para su incorporación específica, se pueden adquirir en condiciones de mercado de libre competencia.

La tecnología industrial con microelectrónica incorporada también se puede adquirir libremente en el mercado correspondiente, sin condiciones restrictivas directas y explícitas.

Cuando se evalúan los efectos de esta nueva tecnología sobre las posibilidades de crear empleo, hay que distinguir claramente entre las tres fases mencionadas anteriormente: la investigación y el desarrollo experimental, la producción y la aplicación de la tecnología, así como entre los distintos tipos de compañías que la producen: transnacionales, internacionales y nacionales. Por empresa industrial "internacional" se entiende una compañía que produce en un lugar o a lo sumo dos lugares, para un mercado internacional, muchas veces de extensión mundial. Una compañía "nacional" produce dentro de un país, a veces en diferentes

sitios, exclusivamente para el mercado interno. Si esta distinción se focaliza en el lugar de la producción y en el mercado, puede hacerse un análisis más refinado incorporando la nacionalidad del financiamiento. Una empresa auténticamente nacional no depende financieramente del exterior. No obstante, un análisis más detallado de esta clasificación queda fuera del alcance de este artículo.

La tecnología microelectrónica básica y su aplicación crean empleos de alto nivel en la fase de investigación y desarrollo experimental. Luego se crean oportunidades de trabajo por la producción de tecnología básica y de nuevos productos donde se aplique la microelectrónica. La magnitud de la producción y del empleo creado dependerán en gran medida del precio del producto final. También desde el punto de vista de la creación de empleos en un país determinado, será muy importante tener en cuenta dónde tendrán lugar las operaciones de investigación, desarrollo experimental y producción. Las empresas transnacionales tienen la opción de efectuar estas actividades donde ellas consideren que tendrán el mínimo gasto de producción. Pero las organizaciones nacionales, públicas y privadas, por ejemplo los sindicatos, y en el futuro también las organizaciones internacionales, querrán influir sobre estas decisiones puesto que están en juego importantes efectos sobre las oportunidades de empleo. Hasta la fecha, la mayoría de las empresas transnacionales han tenido la libertad de tomar personalmente las decisiones en cuanto al lugar de producción. Estas decisiones muchas veces son tomadas para etapas determinadas del proceso de producción. Todo esto se refiere, por lo tanto, a bienes de capital y a los bienes de consumo duraderos, cuya producción es realizada por compañías transnacionales. En términos generales, puede decirse que esto afecta a productos que son tecnológicamente intensivos, como las computadoras y los aparatos de cálculo, de contabilidad, telecomunicación, televisión y audio.

La siguiente fase, o sea la de aplicación de estos bienes de capital producidos por las empresas transnacionales, en el sector de la industria y los servicios, nuevamente provoca repercusiones sobre las oportunidades de empleo. Las compañías transnacionales tienden al respecto de esta aplicación a pensar "con pocos matices" sobre el contexto económico en donde operarán, aun cuando a las diferencias la escala de producción y la calidad de sus productos (bienes de capital) deberían ocupar un lugar destacado en la selección. La difusión de la nueva tecnología en los países en vía de desarrollo es fomentada por la internacionalización manufacturera; esto puede resultar contraproducente para las oportunidades de empleo. Por otra parte, provocará importantes repercusiones en las oportunidades de empleo de los países desarrollados, que se harán sentir antes y en forma más contundente. La evaluación de los aspectos relacionados con las oportunidades de trabajo se encuentra fuera del alcance de este tratado, pero desde luego es importante para la estrategia nacional e internacional desarrollada en este aspecto.

La tecnología aplicada en la producción de los productos tradicionales de metal, madera, textiles, confección y zapatos es producida sobre todo por empresas internacionales. También para estos sectores industriales se produce nueva tecnología con componentes electrónicos, lo que a mi juicio, hace posible un desarrollo interesante en la división internacional del trabajo, a nivel de la producción de tecnología. La parte más sencilla de la tecnología convencional, destinada a los productos tradicionales, de hecho constituye la geotecnología del Tercer Mundo. Sin embargo debido a innumerables "obstáculos", hasta la fecha no llegó a materializarse claramente una división internacional del trabajo en la producción de tecnología. En el Tercer Mundo la nueva tecnología, en las máquinas-herramienta programadas, introducida en la industria metal-mecánica, ha hecho posible que se produjera, en mayor grado, tecnología convencional en el área más avanzada de esta rama industrial. La nueva tecnología permite producir con una precisión alta y constante, lo que es requisito en la producción de tecnología.

Un programa de investigación iniciado por la Fundación Científica de Tecnología de Holanda, analiza la influencia de la aplicación de las máquinas-herramienta controladas electrónicamente en la industria de productos metálicos, en la combinación de insumo y producto, así como las repercusiones directas e indirectas sobre el empleo y la división internacional del trabajo.⁴

En términos generales los productos que utilizan intensivamente tecnología, tanto los convencionales como los nuevos, no dejan de pertenecer a la geotecnología del Primer Mundo, tanto en el área de producción como en la de aplicación. La aplicación de la nueva tecnología en la fabricación de productos terminados tales como los llamados "productos con trabajo intensivo", y por lo tanto sujetos a las leyes del comercio internacional y de la división del trabajo, pueden tener importantes efectos sobre las oportunidades de empleo. Posteriormente se tratará este aspecto con mayor detalle.

La microelectrónica y la división internacional del trabajo

¿Cómo repercutirá la aplicación de la nueva tecnología en la división internacional del trabajo?

La división aquí mencionada se refiere a los bienes que, además de incorporar trabajo intensivo, pueden transportarse internacionalmente a un costo relativamente bajo. Este hecho genera una tendencia a producir esos bienes en lugares donde la mano de obra sea barata, para luego transportarlos a regiones donde ésta sea cara y por lo tanto, exista un poder de compra sustancial. La pregunta que se plantearon los economistas y los directivos interesados en este problema era saber si el *chip* haría nuevamente lucrativa la producción de bienes con trabajo

⁴ En este proyecto participa El Colegio de México.

intensivo, en los países con elevados niveles de mano de obra, lo cual haría retornar la división del trabajo a niveles previos a los alcanzados. A mi juicio no es probable que esto ocurra. Si consideramos cuidadosamente la división internacional del trabajo de los productos tradicionales —fibras, textiles, ropa de confección y calzado— encontramos que el factor determinante en la localización de la producción no es el costo del trabajo, sino la disponibilidad del trabajo calificado.⁵ Puede afirmarse que en estos grupos de productos tradicionales, la parte de la producción que tiene características físicas simples y que son de fácil fabricación y demanda masiva actualmente son producidos en países de bajos salarios. Luego estos tipos de productos se fabrican fácilmente en países de industrialización reciente con máquinas de nivel relativamente alto de mecanización y automatización que necesitan un insumo de trabajo relativamente poco calificado. Los productos físicamente más complejos o de alta calidad y muchas veces sujetos a la moda también se manufacturan con máquinas más intensivas en trabajo, que requieren operadores más especializados y calificados precisamente en los países donde la mano de obra es cara. Por consiguiente, observamos una paradoja en cuanto a la intensidad laboral. Sin embargo, esta paradoja es fácil de explicar: el trabajo más especializado y que exige mayor capacitación constituye una forma de capital humano; éste es menos escaso en los países desarrollados, que en aquellos que se encuentran en proceso de desarrollo. La tecnología nueva, con elementos microelectrónicos o bien el progreso tecnológico, mas en general, a mi juicio, impedirá que la producción de este tipo de artículos especiales vaya desapareciendo también en los países en vía de desarrollo más avanzados. En otras palabras, la división internacional del trabajo se consolidará y no sufrirá modificaciones fundamentales en el ámbito de los procesos de producción donde se ha producido hasta la fecha.

Existe por otra parte el peligro de que las empresas transnacionales e internacionales introduzcan prematuramente la tecnología nueva en los países en desarrollo. Con frecuencia estas compañías creen que una minimización de los gastos en trabajo en la producción de artículos de relativa intensidad laboral, o en procesos para los cuales existen métodos de producción alternativos, conduce a una maximización de la utilidades. Aunque esta tesis pueda ser correcta bajo condiciones muy específicas, desde el punto de vista económico-privado no lo es generalmente. Si en la actualidad las empresas nacionales de los países en desarrollo consiguieran facilidades para importar la nueva tecnología sin derechos de importación, con objeto de utilizarla en las compañías controladas por ellas, la consecuencia sería una disminución lamentable de las oportunidades de trabajo en la rama. Esta baja se produce tanto en el país en desarrollo como en el país desarrollado. En este caso, el logro de la

⁵ Véase Boon, *op. cit.*

maximización de la utilidad privada es engañoso, puesto que es consecuencia de un valor distorsionado de los costos, basado en la tesis incorrecta de que una minimización de los gastos en trabajo conduce a una maximización de la utilidad. En estos casos la distorsión se produce porque frente a la tecnología más avanzada se comparan dos gastos de trabajo, pertenecientes a áreas geográficas distintas, y ningún gasto de capital o solamente uno basado en el precio de escasez de este factor de producción en el país desarrollado o en la propia compañía internacional.

Si las empresas nacionales de los países en desarrollo aplicaran la nueva tecnología, y si aplicaran un cálculo de precio del costo real, no obtendrían ninguna ventaja comparativa en el comercio internacional con los productos terminados que incorporan trabajo intensivo, como los textiles o los productos de confección y el calzado. Los mercados nacionales que gozan de medidas proteccionistas como los de Brasil y México, no proporcionarían ventajas comparativas a las empresas que aplicaran la nueva tecnología en la manufactura de esta clase de productos, ante las nacionales que apliquen la tecnología convencional. Por otra parte, si se trata de productos y calidades que la tecnología convencional no puede producir o solamente logra con gastos muy elevados, entonces seguramente existe la posibilidad de incorporar la nueva tecnología.

Si lo precedente es aplicable a los productos tradicionales, llamados de trabajo intensivo, la nueva tecnología abrirá posibilidades para una división internacional del trabajo en otras actividades que hasta la fecha no han conducido a una especialización en la producción internacional.

Estas posibilidades surgen porque la nueva tecnología tiene que ofrecer algo que es escaso en los países en desarrollo y que constituye un punto de "estrangulamiento" en la fabricación de productos específicos, es decir, una precisión programada, garantizada y uniforme. En los países en desarrollo todo producto para el cual esto sea un requisito forma parte del campo de producción del sector formal más moderno. De esta manera, a través de la sustitución de importaciones estos países dependerán menos del exterior y, al mismo tiempo, abrirán sus posibilidades de exportar a los países menos industrializados del Tercer Mundo así como a los industrializados. En este último caso, se trataría de productos que deben ensamblarse manualmente. La disponibilidad de robots electrónicos para realizar trabajos de ensamblado podría atravesar nuevamente este desarrollo, aun cuando siguieran generándose posibilidades de nuevas divisiones internacionales de trabajo industrial entre los países menos y más industrializados.

Por lo tanto, la repercusión de la innovación microelectrónica en los países en desarrollo no será desastrosa. De todos modos, sólo una investigación empírica, orientada y detallada, puede arrojar luz sobre este nuevo problema.