

# PRODUCCIÓN MODULAR Y ASCENSO DE LAS CADENAS GLOBALES DE VALOR EN LA INDUSTRIA ELECTRÓNICA

Byron Gangnes\*  
Ari van Assche\*\*

## Introducción

Durante las pasadas tres décadas, la industria electrónica ha experimentado una transformación fundamental en la organización de su producción. Antes de la década de los ochenta, era dominada por grandes empresas verticalmente integradas como IBM (International Business Machines Corporation) y DEC (Digital Equipment Corporation), que producían la mayoría de las partes y componentes en el país sede de cada una. Actualmente, a la industria la dominan compañías líderes especializadas en una parte de las cadenas de valor dispersas globalmente. Se han documentado tendencias similares en telecomunicaciones (Li y Whalley, 2002), automóviles (Sturgeon y Florida, 2000), químicos (Arora *et al.*, 2001) y textiles (Gereffi *et al.*, 2005).

En el campo de la economía, una vasta bibliografía atribuye el ascenso de las cadenas de valor globales a fuerzas relacionadas con la globalización, como la baja en los costos de transporte, las mejoras en la tecnología de las comunicaciones y las reformas institucionales y políticas en los países en desarrollo. Pero estas explicaciones no abarcan la historia completa; por el contrario, especialistas en industria y académicos formados en el tema de negocios han observado que la decisión estratégica de las empresas líderes de modularizar la producción en la industria electrónica también pudo haber sido una medida drástica por parte de la industria de la transformación (Dedrick y Kraemer, 1998; Sturgeon y Lee, 2001; Sturgeon, 2002; Gereffi *et al.*, 2005).

Este artículo tiene dos objetivos: primero analizaremos la modularización de la producción y el mecanismo a través del cual pudo originar el ascenso de las cadenas de valor globales. Consideraremos también las nuevas perspectivas que esto ofrece para nuestro conocimiento de dichas cadenas de valor, así como las potenciales implicaciones para futuras investigaciones en esta área.

\* Profesor del Department of Economics, University of Hawaii en Manoa, <gangnes@hawaii.edu>.

\*\* Director del Department of International Business, École des Hautes Études Commerciales de Montréal (HEC), <ari.van-assche@hec.ca>. Agradezco al Social Sciences and Humanities Research Council (SSHRC) por su apoyo económico.

Hemos organizado el artículo de la siguiente manera: en la segunda sección, hacemos una revisión profunda de los estudios sobre la industria electrónica y la investigación sobre negocios para explicar cómo la producción modular podría provocar el ascenso de las cadenas de valor globales en la industria electrónica. En la tercera sección, demostramos que la bibliografía económica por sí sola no puede explicar completamente estos desarrollos. En la cuarta sección, analizamos lo escrito sobre negocios para explorar algunos de los costos y beneficios de la modularidad. Argumentamos que el grado de empleo de este tipo de producción, por lo menos en algunos casos, es una decisión activa que variará de una a otra empresa. Debido a que el grado de modularidad, así como la organización son decisiones particulares de cada compañía, consideramos la manera en que determinados factores subyacentes pudieron haber impulsado tanto la modularidad como la transformación de la producción electrónica global. En la quinta sección expresamos nuestras opiniones sobre las áreas más prometedoras para una futura investigación al respecto.

## **Transformación de la producción electrónica global**

En la actualidad, el ámbito de la industria electrónica muestra muy poca similitud con el de hace tres décadas. Antes de los ochenta, la industria era dominada por grandes compañías verticalmente integradas como IBM, DEC, Fujitsu y Hitachi, que producían la mayoría de las partes y componentes utilizados por ellas (véase el cuadro 1). Actualmente, las industrias líderes ya no están integradas verticalmente, sino que se especializan en una parte de las cadenas de valor de los productos. Apple y Dell, por ejemplo, se enfocan en el diseño y comercialización de productos, pero subcontratan la mayor parte de la producción y ensamblaje de sus componentes con empresas externas. Se contrata manufactureras como Flextronics y Foxconn, que se dedican primordialmente a manufactura y ensamblaje. Microsoft es la empresa dominante en el segmento de los sistemas operativos. Intel es el líder del mercado en el de microprocesadores.

Baldwin y Clark (2000) han empleado cifras de acciones de mercado para ilustrar la velocidad y magnitud en que se ha transformado esta industria. La gráfica 1 muestra los índices de mercado en dólares constantes estadounidenses de 1996, de prácticamente todas las corporaciones públicas de la industria de la computación de 1950 a 1996, divididos en dieciséis subsectores por medio de una clasificación industrial estándar (*standard industrial classification*, SIC) de códigos de cuatro dígitos.<sup>1</sup> Al principio de la muestra, el valor de mercado de la industria electrónica

<sup>1</sup> 3570 equipo de cómputo y oficina; 3571 computadoras electrónicas; 3572 implementos para almacenamiento de datos; 3575 terminales de cómputo; 3576 equipo de comunicación para cómputo; 3577

CUADRO 1  
TRANSFORMACIÓN DE LA INDUSTRIA ELECTRÓNICA

**Industria integrada verticalmente (ca. 1970)**

	IBM	DEC	SPERRY-UNIVAC
Diseño			
Sistema operativo			
Manufactura			
Mercadotecnia			

**Industria especializada horizontalmente (actual)**

Diseño	Apple	Lenovo	HP	...
Sistema operativo	Microsoft	Google	Linux	...
Manufactura	Foxconn	Flextronics	Celestica	...
Mercadotecnia	Apple	Lenovo	HP	...

FUENTE: Elaboración propia.

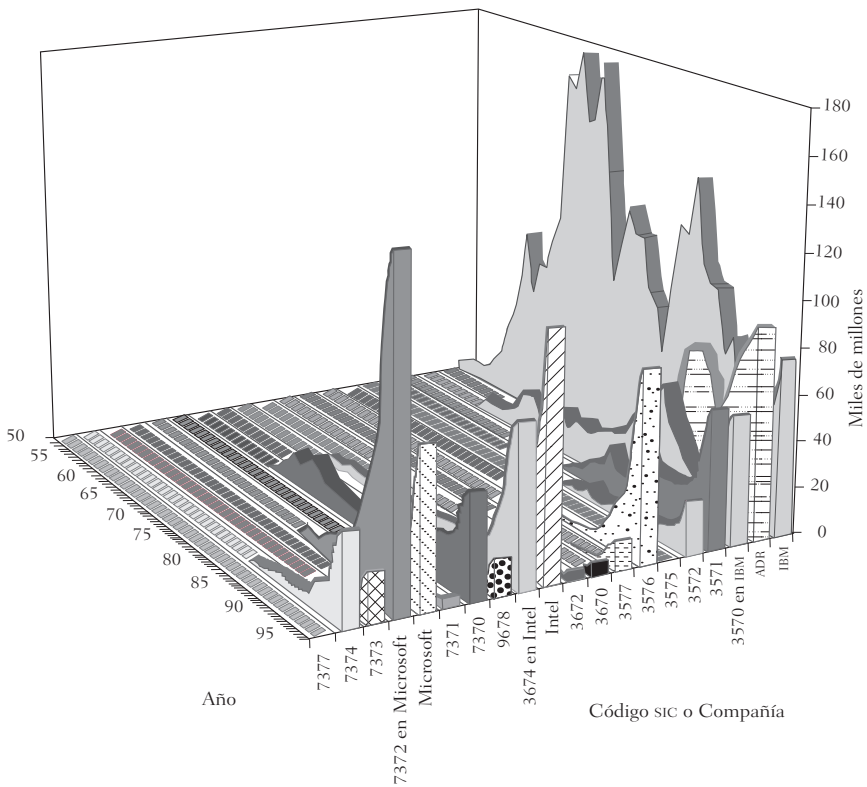
se concentraba principalmente en la categoría SIC 3570 “equipo de cómputo y oficina”, lo que refleja que en aquel tiempo los líderes del mercado (y especialmente IBM) estaban integrados verticalmente y las compañías especializadas en subcategorías

---

dispositivos periféricos de cómputo, sin otra clasificación; 3670 componentes y accesorios electrónicos; 3672 tarjetas de circuitos impresos; 3674 semiconductores y otros dispositivos relacionados; 3678 conectores electrónicos; 7370 programación de cómputo, procesamiento de datos y otros servicios; 7371 servicios de programación de cómputo; 7372 software preempacado; 7373 diseño de sistemas de cómputo integrado; 7374 procesamiento de cómputo, procesamiento y preparación de datos; 7377 alquiler de equipo de cómputo.

electrónicas eran relativamente escasas. A partir de los ochenta, el mercado cambió; ahora, el valor de mercado de la industria electrónica se ha extendido a varias subcategorías como la 7372 “software preempacado”, 3674 “semiconductores y otros dispositivos relacionados” y la 3576 “equipo de comunicación para cómputo”.

GRÁFICA 1  
 VALOR DE MERCADO DE LA INDUSTRIA DE LA COMPUTACIÓN POR SECTOR  
 (DÓLARES ESTADUNIDENSES CONSTANTES, 1996)

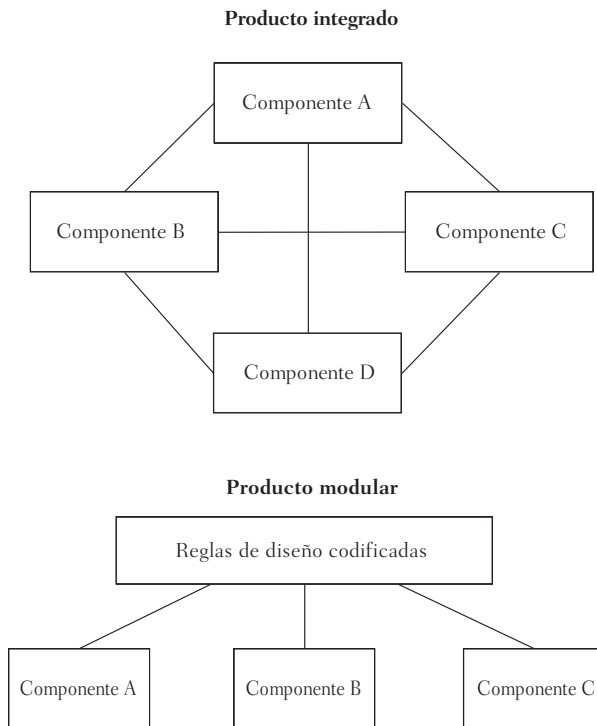


FUENTE: Baldwin y Clark (2002).

Los especialistas en industria y los académicos del área de negocios atribuyen esta transformación de la industria a la modularización de la producción de electrónicos (Dedrick y Kraemer, 1998; Sturgeon y Lee, 2001; Sturgeon, 2002; Gereffi *et al.*, 2005). Para comprender esto, resulta útil definir, primero, qué es la modularidad del producto. Ulrich (1995) describe un producto como una combinación de componentes o “módulos” que interactúan uno con otro según las reglas

del diseño de la arquitectura de ese mismo producto. Dependiendo del número de interdependencias entre los módulos, los productos pueden ser diversos e ir, vistos en un continuo, de integrales a modulares (Schilling, 2000; Gawer y Cusumano, 2002). Si los módulos son totalmente interdependientes, el producto es integral (cuadro 2, figura superior). En ese caso, cualquier cambio que se haga a un módulo necesita estar coordinado con los demás módulos para asegurar que no hay una reducción significativa en la funcionalidad del producto final. Por el contrario, si los módulos son independientes entre sí, el producto es modular (cuadro 2, figura inferior). Se pueden hacer cambios a un módulo independientemente de los demás, siempre y cuando esos cambios sean compatibles con las interfaces codificadas que gobiernan la operabilidad del sistema.<sup>2</sup>

CUADRO 2  
PRODUCCIÓN MODULAR *VERSUS* INTEGRADA



FUENTE: Elaboración propia.

<sup>2</sup> Los teléfonos celulares y las computadoras personales son buenos ejemplos de productos modulares. Suelen tener un número limitado de partes estándar o módulos (esto es, resistencias, condensadores y chips de memorias), montados sobre tarjetas de circuitos impresos con diferentes combinaciones.

Durante las tres décadas pasadas, los productos electrónicos evolucionaron rápidamente de una arquitectura integral a una de producción modular. Antes de la aparición de la computadora IBM sistema 360, las compañías líderes en electrónica construyeron computadoras con arquitectura totalmente integral. Cada compañía diseñó y manufacturó su propio sistema operativo, procesador, periféricos y software de aplicación. Esto implicó altos costos para coordinar la interoperabilidad entre los componentes y requirió que las propias corporaciones produjeran casi todos los componentes necesarios —semiconductores, hardware y sistemas operativos— y principalmente dentro de un país (Dedrick y Kraemer, 1998; Chandler, 2001).

Para la producción del sistema de cómputo 360 en la década de los sesenta, IBM adoptó por primera vez una arquitectura de producción modular. Los desarrolladores de dicho sistema concibieron una familia de computadoras que incluiría equipos de diferentes tamaños compatibles con diferentes programas, todo lo cual usaría el mismo conjunto de instrucciones codificadas y compartiría los periféricos. Todos los productos IBM del futuro se adherirían a este sistema modular. Para lograr la compatibilidad de los componentes, IBM creó una oficina de control del procesamiento que estableció e impuso estándares tanto abiertos como codificados que determinaron cómo trabajarían unidos los módulos de la máquina (Baldwin y Clark, 2000; Langlois, 2000). Esto permitió a los fabricantes de los componentes concentrar sus esfuerzos de innovación en reducir los costos de coordinación y así mejorar su módulo del sistema independientemente de los otros.

Esta adopción de una arquitectura de producto modular alteraría permanentemente la estructura de la producción en la industria electrónica. Como veremos en las siguientes secciones, la industria electrónica iría primero de la integración vertical a la concentración horizontal. Después, llevaría a la transformación de las cadenas de valor, de locales a globales.

## **De la integración vertical a la concentración horizontal**

A principios de los años ochenta, la producción modular llevó a IBM a abandonar su estructura de producción integrada verticalmente. En su lucha por colocar en el mercado su computadora personal (PC) como una alternativa más barata a la popular Apple II, la gigantesca industria subrogó a proveedores externos la fabricación de componentes clave. La producción de discos floppy fue subcontratada con Tandon, el suministro de energía con Zenith y las tarjetas de circuitos con SCI Systems e incluso, la producción del sistema operativo y del microprocesador fue subcontratada con Microsoft e Intel.

La PC tuvo un éxito enorme. Como resultado, los estándares codificados de interoperabilidad, que IBM había establecido y hecho públicos para asegurar una colaboración cordial con sus socios externos, rápidamente se convirtieron en los estándares de facto de toda la industria, lo cual redujo las barreras a la entrada. Ahora, las empresas serían capaces de especializarse en una parte de la cadena de valor sin necesidad de coordinarse de manera profunda con otras corporaciones en la misma cadena. Esto hizo que miles de clones de IBM y productores de componentes quisieran entrar en los diversos nichos del negocio de la computación, lo cual reconfiguró el ámbito industrial. La producción modular había llevado a la desintegración vertical de la industria electrónica (Sanchez y Mahoney, 1996; Baldwin y Clark, 2000).

Más allá de provocar la desintegración vertical, la producción modular también incrementó la concentración del mercado en segmentos de la cadena de valor (Sturgeon, 2002). Con los estándares de compatibilidad e interoperabilidad determinados para toda la industria, ahora las empresas podrían producir módulos genéricos para múltiples clientes y propósitos. Microsoft podría vender su sistema operativo a muchos productores de PC. Las impresoras se hicieron compatibles con la mayoría de las marcas de computadoras. Los semiconductores comunes podrían usarse para teléfonos celulares, aparatos de televisión, asistentes personales digitales y computadoras. Todo esto permitió a los productores de componentes sacar ventaja de las economías de escala y en los ámbitos de la ingeniería y la manufactura para estar al tanto de lo que se compartía en su segmento de la industria, lo que llevó a una alta concentración del mercado altamente especializado en la cadena de valor.

Al paso del tiempo, la desintegración vertical fue llevada aún más lejos, ya que las compañías comenzaron a especializarse únicamente en partes de módulos. En la producción de muchos productos electrónicos, por ejemplo, el diseño llegó a estar separado de la manufactura (Sturgeon, 2002; Shih *et al.*, 2009). Como resultado, todas las marcas que comercializan artículos electrónicos como Apple, Hewlett-Packard, IBM y Nokia vendieron sus plantas de producción a un nuevo tipo de compañía electrónica: el fabricante por contrato, quien no diseña ni vende productos de marca por sí mismos, sino que se especializa en emplear las mismas rutinas de producción genérica para producir una amplia gama de productos electrónicos, que va desde computadoras, equipo de comunicación, electrónicos consumibles, instrumentos electrónicos y aparatos para las industrias eléctrica, médica y militar/aeroespacial (Sturgeon y Lee, 2001; Sturgeon, 2002).<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Shih *et al.* (2009) describen una separación similar entre diseño y manufactura en la industria de los semiconductores.

## De las cadenas de valor locales a las globales<sup>4</sup>

La producción modular también llevó a la transformación de las cadenas de valor locales a globales. Como parte del proceso de producción modular, las empresas dependieron cada vez más de la tecnología de la información (TI) así como de la tecnología negocio a negocio (NAN) para transferir información codificada entre módulos de productos (Sturgeon, 2002). Esto, a su vez, ha dificultado realizar tareas en puntos geográficamente distantes (Baldwin y Clark, 2008). Siguiendo la teoría de la ventaja comparativa, las empresas pueden conservar sus actividades de capital intensivo en los países desarrollados, mientras subcontratan las de trabajo intensivo con los países en desarrollo (Dedrick y Kraemer, 1998).

Asia oriental (las nuevas economías industrializadas —*newly industrialized economies*, NIE—, ASEAN-4 —Association of Southeast Asian Nations— y China)<sup>5</sup> se considera un lugar especialmente favorable para desarrollar bloques de producción electrónica de trabajo intensivo. Primero, la región ya había demostrado ser exitosa en la producción de artículos electrónicos de consumo desde la década de los sesenta (Lowe y Kenney, 1999); la región era conocida por tener no sólo una reserva abundante de trabajo con bajos salarios sino también de ingenieros altamente calificados. Segundo, Asia oriental tenía un ambiente político y macroeconómico relativamente estable que propiciaba proyectos de inversión y relaciones comerciales de largo plazo (Yusuf, 2001). Tercero, los países de Asia oriental cambiaron su postura política de la sustitución de importaciones a la promoción de exportaciones, lo cual trajo un mejor ambiente para las relaciones internacionales de negocios.

Como resultado, Asia oriental rápidamente se convirtió en una manufacturera global especializada en electrónica, y fabricó productos electrónicos destinados en primer lugar a los países desarrollados (Dedrick y Kraemer, 1998; Lowe y Kenney, 1999; Borrus *et al.*, 2000). En la gráfica 2, usamos los datos de producción electrónica de Reed Electronics Research (2007) para ilustrar la velocidad y el proceso de ascenso de Asia oriental. La expansión se dio en tres olas: la primera vio la rápida expansión de las NIE en su producción electrónica. Estos países se especializaron, al principio, en actividades de trabajo intensivo sobre productos electrónicos de consumo como ensamblaje de aparatos de audio y video, y después en procesadores electrónicos de datos y otras áreas más sofisticadas. Este crecimiento tomó fuerza en los países de la ASEAN-4 a principios de los noventa, cuando el aumento a los costos

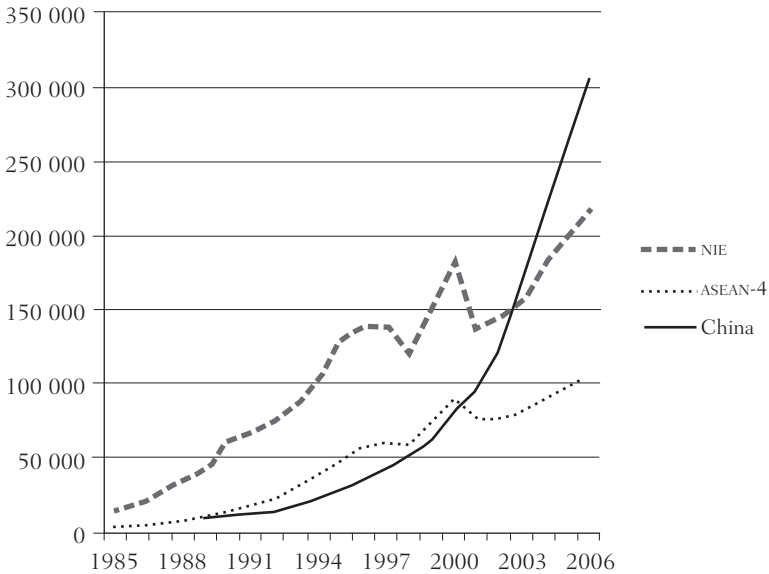
<sup>4</sup> Véanse Gangnes y Van Assche (2009; en prensa) para conocer más ampliamente el papel cada vez mayor del Oriente asiático en las cadenas de valor de la industria electrónica. Véanse también Bonham *et al.* (2007) sobre las implicaciones para las normas de comercio.

<sup>5</sup> Las NIE son Hong Kong, Singapur, Corea del Sur y Taiwán; la ASEAN-4 está integrada por Indonesia, Malasia, Filipinas y Tailandia.



del trabajo en las NIE hizo que los países de la ASEAN fueran una alternativa atractiva. La tercera y quizá más impresionante ola ha sido el surgimiento de la producción electrónica en China, que superó la de las NIE en 2003.

GRÁFICA 2  
 PRODUCCIÓN ELECTRÓNICA DE ASIA ORIENTAL  
 (MILLONES DE DÓLARES ESTADUNIDENSES)



FUENTE: Cálculos de los autores, con datos de Reed Electronics Research (2007).

Esta rápida expansión ha llevado a Asia oriental a ser el núcleo incuestionable de la producción de productos electrónicos. Como se puede apreciar en el cuadro 3, la participación mundial en electrónica por parte de Asia oriental pasó de un 4.5 por ciento en 1985 a un 41.2 por ciento en 2006, actualmente más del doble que la de Japón, la Unión Europea y Estados Unidos.

CUADRO 3  
CRECIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN ELECTRÓNICA, 1985-2006

País	<i>Electrónica</i> <i>Valor de producción</i> <i>(millones de dólares</i> <i>estadunidenses)</i>		<i>Tasa de</i> <i>crecimiento</i> <i>anual</i> <i>compuesto</i> <i>(%)</i>	<i>Participación</i> <i>de la producción</i> <i>electrónica mundial</i> <i>(%)</i>	
	1985	2006	1985-2006	1985	2006
Asia oriental	17 323	624 433	18.6	4.5	41.2
NIE	13 552	217 402	14.1	3.5	14.4
Corea del Sur	5 881	117 426	15.3	1.5	7.8
Singapur	4 032	51 760	1.2	1.1	0.3
Taiwán	—	44 460	—	—	0.3
Hong Kong	3 639	3 756	0.2	1.0	0.2
ASEAN-4	3 771	104 988	17.2	1.0	6.9
Malasia	1 829	52 711	17.4	20.5	3.5
Tailandia	435	24 875	21.2	0.1	1.6
Filipinas	831	15 167	14.8	0.2	1.0
Indonesia	676	12 235	14.8	0.2	0.8
China	—	302 043	—	—	19.9
Estados Unidos	175 014	293 896	2.5	45.7	19.4
UE-15	64 715	232 528	6.3	16.9	15.4
Japón	87 038	196 573	4.0	22.7	13.0
México	—	39 931	—	—	2.6
Total de mercados	383 023	1 514 816	6.8	100.0	100.0

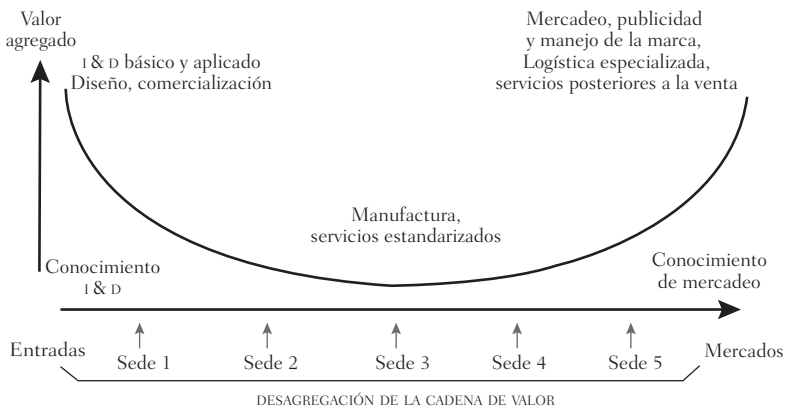
FUENTE: Elaborado por los autores.

### La “sonrisa” de la creación de valor

Como resultado de la transformación de la industria de integración vertical en una de concentración horizontal y de las cadenas de valor locales en globales, los especialistas representan las cadenas de valor en electrónica modernas como una curva “sonriente” (Shih, 1996; Everatt *et al.*, 1999), o, dicho de otra manera, como la “sonrisa” de la creación de valor (Mudambi, 2007; 2008). La gráfica 3 ilustra la manera en que, en el caso de muchos productos electrónicos, las empresas en los países desarrollados se han aferrado a las actividades ubicadas en la parte superior de la

curva, de alto valor (diseño), y las que se sitúan en su línea descendiente (mercadotecnia), hacia el final de la cadena de valor, y esto los ha mantenido entre las economías avanzadas. Por otro lado, han subcontratado actividades de bajo valor en la parte media de la cadena de valor (manufactura) con compañías externas, en economías emergentes. Esto ha activado la alerta de los países en desarrollo sobre los límites que deben poner a sus ganancias en el comercio de la electrónica y la necesidad de que su industria se actualice para realizar también actividades de alto valor agregado (Gangnes y Van Assche, 2009). Pero también ha incitado el recelo en los países desarrollados de que las empresas quizá estén subcontratando demasiado, teniendo capacidades de manufactura, y de que esta situación debilite las ventajas tecnológicas de esos países (Pisano y Shih, 2009).

GRÁFICA 3  
LA CURVA DE LA SONRISA



FUENTE: Mudambi (2008).

### Perspectivas a partir de los estudios sobre economía

A pesar de que existe una vasta bibliografía económica que analiza el ascenso de las cadenas globales de valor, sólo unos cuantos estudios han considerado el papel de la producción modular. En este apartado revisaremos brevemente los estudios sobre economía y explicaremos por qué fracasan al explicar ciertas tendencias en la transformación industrial de la industria electrónica.

Los economistas han desarrollado tres corrientes de modelos teóricos para explicar la cambiante organización internacional de la producción en electrónica

tal como la conocemos, y de otras industrias globales. Una primera corriente se ha enfocado en lo que lleva a la transformación *de las cadenas de valor locales en globales*, por lo que ignoran los cambios en los límites de las empresas. Los estudios pioneros de Jones y Kierzkowski (1990; 2000) comenzaron con un marco de Heckscher-Ohlin, pero dividieron la cadena de valor de un bien en dos bloques de producción. Si los bloques de producción son separables y tienen diferentes intensidades de factor, afirman ellos, las empresas ubicadas en países desarrollados con escasez de mano de obra tienen un incentivo para regresar sus bloques de producción a los países en desarrollo donde haya abundante mano de obra; sin embargo, las empresas únicamente harán esto si los beneficios de fragmentar sus procesos de producción exceden los costos de comercialización, comunicación y gobernanza resultantes de coordinar las actividades a través de las fronteras.<sup>6</sup> Este marco, además, permitió que Jones y Kierzkowski (1990; 2000) y sus sucesores identificaran tres impulsos relacionados con la globalización para la fragmentación internacional de la producción: reducciones en los costos de transporte y comunicación, así como las reformas políticas en pro del comercio.

Para explicar el ascenso concomitante de la subcontratación fuera del país, una segunda corriente en los estudios económicos ha introducido elementos de la teoría empresarial en modelos de equilibrio general en comercio (Spencer, 2005; Helpman, 2006). En este tipo de estudios, una empresa tiene ante sí una elección simultánea y bidimensional: 1) producir sus componentes ella misma o subcontratar con otra empresa, y 2) elaborar sus componentes dentro o fuera del país. Los estudios, generalmente, concluyen que lo mismo que provoca la fragmentación internacional de la producción también hace más atractiva la subcontratación: las reducciones en los costos del comercio (Antràs, 2003; Antràs y Helpman, 2004), las mejoras en la tecnología de la comunicación (Grossman y Helpman, 2002) y la liberalización del comercio (McLaren, 2000; Ornelas y Turner, 2008). Aún más, han descubierto que las mejoras en el ambiente institucional de los países en desarrollo pueden inducir a la subcontratación en el extranjero (Antràs y Helpman, 2008).

Estas dos corrientes de la bibliografía económica han ofrecido importantes puntos de vista sobre las causas de la fragmentación y la subcontratación de la producción internacional; sin embargo, respecto a la transformación industrial de la industria electrónica enfrentan dos limitaciones. Primero, tienen muy poco que decir del cambio concomitante en la tecnología del producto; específicamente, no toman en cuenta que la modularización de la producción pudo haber facilitado a las empresas la tarea de separar la producción en bloques y llevarlos a distintos lugares, propiciando las tendencias de las que hemos hablado en lo tocante a la

<sup>6</sup> Se incluyen las contribuciones de Venables (1999) y Findlay y Jones (2000; 2001).

subcontratación en el extranjero. Segundo, no pueden explicar el incremento de la concentración del mercado que se observa en muchos segmentos de la cadena de valor; en su lugar, en los estudios se suele asumir que los insumos son tan específicos, que los proveedores de componentes sólo pueden vender su producción a una sola empresa. Con esta creencia se soslaya que la concentración del mercado puede diferir en los distintos segmentos de la cadena de valor.

Una tercera corriente ha hecho algunos intentos por explicar el papel del cambio tecnológico, enfocándose en la importancia cada vez mayor de la TI en los negocios internacionales, que ha sido una parte muy importante del proceso de modularización. Leamer y Storper (2001) distinguen entre las tareas que requieren información codificable y las que necesitan información tácita. Esta última, aseguran, no puede ser expresada en símbolos, por lo que se requiere la comunicación cara a cara. Por el contrario, la información codificable se puede expresar en un sistema de símbolos, por lo que puede ser transmitida a una mayor distancia. Autor *et al.* (2003), Levy y Murnane (2004), así como Blinder (2006) construyen sobre esta perspectiva para puntualizar que las tareas que lleva a cabo una computadora pueden realizarse de manera remota con mayor facilidad, con relativo poco riesgo de incurrir en una mala comunicación y con costo de monitoreo modesto.<sup>7</sup> Si las empresas decidieran adoptar más TI para sus transacciones internacionales (quizá a causa de la producción modular), esto podría propiciar un incremento de la producción fuera del país, tal como lo hemos señalado (Blinder, 2006; Grossman y Rossi-Hansberg, 2008).

Esta corriente sigue presentando las dos deficiencias antes mencionadas. Los estudios no pueden explicar el incremento de la concentración horizontal en los segmentos de la cadena de valor. Más aún, consideran que el cambio tecnológico es algo exógeno, por lo que fallan al responder la interrogante de por qué las empresas (en algunas industrias) deciden adoptar arquitecturas de producción modular. Como veremos en el próximo apartado, ésta es una cuestión compleja que requiere una teoría de la producción modular.

## **La producción modular como una decisión estratégica**

La decisión de una empresa respecto a qué arquitectura de producción adoptar es una cuestión estratégica compleja que necesita considerar múltiples facetas. Las empresas se enfrentan a tener que hacer diversas concesiones cuando escogen entre

<sup>7</sup> Los autores usan términos ligeramente distintos: mientras Leamer y Storper distinguen entre información codificable y tácita (2001), Autor *et al.* (2003) y Levy y Murnane (2004) hablan de tareas rutinarias y no rutinarias. Blinder hace hincapié en la necesidad de contacto físico cuando se está asignando la realización de una tarea (2006).

una arquitectura integral y una de producción modular. Por un lado, se enfrentan a una concesión estática que afecta su estructura de costos a corto plazo; por el otro, se enfrentan a una concesión dinámica que afecta sus esfuerzos de innovación. Consideraremos estas dos concesiones.

Veamos primero la concesión estática. El beneficio clave de una arquitectura de producción integral es que puede generar incrementos de la productividad sinérgica, si la especificidad de cada componente está en armonía con la de los otros (Schilling, 2000). Por el contrario, una importante ventaja de una arquitectura de producción modular es que reduce la especificidad del insumo permitiendo que los mismos componentes genéricos los puedan compartir múltiples familias y/o marcas de productos. Esto aporta tres beneficios: primero, compartir componentes puede bajar sus precios al permitir a sus productores tomar ventaja de las economías de escala y alcance (Baldwin y Clark, 2000). Segundo, incrementa la flexibilidad porque permite a las empresas sustituir más fácilmente determinados componentes de un sistema tecnológico y reutilizar otros (Garud y Kumaraswamy, 1995; Schilling, 2000). Por ejemplo, Dell, basándose en su estructura de producción modular, provee a los clientes de computadoras laptop personalizadas alterando la combinación de sus componentes. Los usuarios de la iPad Apple fácilmente pueden personalizar sus equipos escogiendo qué aplicaciones desean descargar. Tercero, la baja especificidad de los insumos puede reducir la fricción en las relaciones de subcontratación (Van Assche y Schwartz, 2010). Los proveedores de componentes ya no se ven obligados a vender su producto a uno o a pocos clientes, sino que mejoran su opción hacia afuera y reducen el problema inherente al ajuste a la especificidad del activo y los contratos incompletos (Williamson, 1985; Grossman y Hart, 1986; Hart y Moore, 1990).

Las empresas también se enfrentan al problema de hacer una concesión dinámica cuando escogen la arquitectura de su producto. Según Baldwin y Clark (1997, 2000), uno de los principales beneficios de pasar a una arquitectura de producción modular es que puede reducir la complejidad e incrementar la predictibilidad de la innovación. La producción modular reduce la interdependencia entre módulos, por lo que permite a los investigadores e ingenieros concentrar independientemente sus capacidades en innovar un solo módulo; sin embargo, esto no está exento de riesgos. Los sistemas modulares pueden, en el largo plazo, provocar que haya menos avances innovadores que en los sistemas integrales (Fleming y Sorenson, 2001). Más aún, los módulos subcontratados a proveedores externos pueden hacer que las empresas pierdan su habilidad de controlar la propiedad intelectual (Zirpoli y Becker, 2011), y esto puede provocar que surjan futuros competidores (Arrunada y Vazquez, 2006). Incluso, si muchas empresas subcontrataran demasiado, podrían socavar el progreso tecnológico de un país (Pisano y Shih, 2009).

El marco teórico que modele una o más de estas concesiones generará nuevas perspectivas a quienes impulsen la producción modular. Más aún, introducir este tipo de marco en un modelo de equilibrio general de producción internacional también puede dotarnos de nuevas perspectivas sobre el cambio en la organización de la producción internacional, y las implicaciones de sus innovaciones y crecimiento.

Dos estudios recientes demuestran el potencial de esta corriente en la investigación. Van Assche (2008) desarrolla un modelo teórico para analizar en qué circunstancias la producción modular puede explicar la tendencia concurrente de la integración vertical a la concentración horizontal y de las cadenas de valor locales a las globales. Para este propósito, construye un modelo de equilibrio general de dos países en que las empresas no sólo escogen su propia estructura (integración *versus* subcontratación) y la localización de la producción de insumos (local *versus* foránea), sino también su arquitectura de producción (integral *versus* modular). Al hacerlo, necesitan considerar la concesión estática: mientras la arquitectura integral hace que la productividad se incremente, la arquitectura modular reduce la especificidad de los insumos. Teniendo en cuenta este panorama, Van Assche demuestra que el cambio tecnológico que vuelve más fácil usar componentes genéricos (como cuando se dio la revolución de las TI) no sólo lleva a la adopción de arquitecturas de producción modular, sino que también induce las dos tendencias concurrentes de la integración vertical a la concentración horizontal y de las cadenas de valor locales a globales. Entonces, lo mejor para las empresas integradas verticalmente es subcontratar la producción de componentes a proveedores extranjeros de insumos que emplean el mismo proceso de producción genérica para múltiples empresas de bienes finales.

En un sentido similar, Thoenig y Verdier (2010) construyen un modelo de equilibrio general en que las empresas innovadoras pueden escoger si codifican o no la transferencia de información con sus proveedores (una parte necesaria del proceso de la producción modular); sin embargo, se enfocan en la concesión dinámica de la producción modular. Por un lado, afirman, la codificación de la información asegura que un tercero pueda verificar y además permite diseñar contratos más eficientes. Por otra parte, la codificación incrementa las posibilidades de una fuga de información y que ésta caiga en manos de terceros que pueden explotarla y provocar una competencia con el grupo contratante inicial. Consideran que en industrias con alta competencia tecnológica, las compañías deben codificar menos su transferencia de información y así demostrar formalmente que la producción modular puede hacer que las empresas pierdan su habilidad de controlar la propiedad intelectual (Zirpoli y Becker, 2011) y generar futuros competidores (Arrunada y Vazquez, 2006).

Se necesita más investigación en esta área. Hay asuntos que siguen sin ser estudiados. Una cuestión técnica que aún no se ha analizado es cómo la producción

modular afecta los problemas de cautividad de las relaciones de subcontratación. Introducir este asunto en un modelo como el de Antràs y Helpman (2004) puede enriquecer nuestro entendimiento sobre qué tipo de empresas son más proclives a escoger arquitecturas de producción modular y cómo afecta su modelo organizacional.

Otro asunto que sigue sin entenderse a cabalidad son las implicaciones positivas y normativas para la política de competencia. Si la producción modular hace que una industria cambie de la integración vertical a la concentración horizontal, esto puede (o quizá no) incrementar el poder de regateo del productor del componente, darle poder de monopolio y así afectar la estructura del mercado. Esto puede requerir que repensemos la política de la competencia en un mundo modular.

Aunado a esto, también tenemos el interrogante de cómo esto afecta la innovación y la distribución global de los beneficios del comercio y la producción. ¿Cuál es el grado óptimo de producción modular para una empresa? Desde una perspectiva del desarrollo, ¿cómo afecta la producción modular la habilidad de las empresas en los países en desarrollo para mejorar y ponerse al día en el plano tecnológico?

## **Conclusiones**

En este artículo hemos demostrado que el auge de las cadenas globales de valor en la industria electrónica no sólo se relaciona con cuestiones asociadas a la globalización, como las reducciones en los costos del comercio y de las comunicaciones, sino también se deriva de un cambio fundamental en la arquitectura tecnológica presente en la producción de bienes. La producción modular ha hecho posible que las empresas sean capaces de segmentar sus cadenas de valor y subcontratar partes del proceso con empresas externas en cualquier parte del mundo. Esto, a su vez, ha llevado a un incremento en la concentración del mercado en segmentos de la cadena de valor.

Se necesita más investigación teórica para entender el papel de la producción modular en la organización de la producción internacional. Hemos dicho que el grado de producción modular no es completamente exógeno, pero es, en cierto modo, una elección estratégica cuya aplicación varía de empresa a empresa. Esto nos lleva a preguntarnos por qué tantas empresas han optado por una arquitectura de producción modular y si esta decisión ha sido la mejor tanto para la empresa como para la sociedad. Entender esto adecuadamente nos llevará a tener nuevas e importantes perspectivas para la innovación y la distribución global de beneficios para la producción y el comercio.



**Fuentes**

ANTRÀS, POL

2003 “Firms, Contracts, and Trade Structure”, *Quarterly Journal of Economics* 118, no. 4: 1374-1418.

ANTRÀS, POL y ELHANAN HELPMAN

2008 “Contractual Frictions and Global Sourcing”, en E. Helpman, D. Marin y T. Verdier, eds., *The Organization of Firms in a Global Economy*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 9-54.

2004 “Global Sourcing”, *Journal of Political Economy* 112, no. 3: 552-580.

ARORA, ASHISH, ANDREA FOSFURI y ALFONSO GAMBARDELLA

2001 “Specialized Technology Suppliers, International Spillovers and Investment: Evidence from the Chemical Industry”, *Journal of Development Economics* 65, no. 1: 31-54.

ARRUNADA, BENITO y XOSE H. VAZQUEZ

2006 “When Your Contract Manufacturer Becomes your Competitor”, *Harvard Business Review* 84, no. 9: 135-145.

ASSCHE, ARI VAN

2008 “Modularity and the Organization of International Production”, *Japan and the World Economy* 20, no. 3: 353-368.

ASSCHE, ARI VAN y GALINA A. SCHWARTZ

2010 “Input Specificity and Global Sourcing”, *Journal of the Japanese and International Economies* 24, no. 1: 69-85.

AUTOR, DAVID, F. LEVY y RICHARD MURNANE

2003 “The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration”, *Quarterly Journal of Economics* 118, no. 4: 1279-1333.

BALDWIN, CARLISS Y. y KIM CLARK

2008 “Where Do Transactions Come From? Modularity, Transactions and the Boundaries of Firms”, *Industrial and Corporate Change* 17, no. 1: 155-195.

2002 “The Option Value of Modularity in Design”, Harvard NOM Research Paper 3, no. 11.

- 2000 *Design Rules, Volume 1: The Power of Modularity*. Cambridge, Mass.: MIT Press.  
1997 “Managing in an Age of Modularity”, *Harvard Business Review* 75, no. 5: 84-93.

BLINDER, ALAN S.

- 2006 “Offshoring: The Next Industrial Revolution?”, *Foreign Affairs* 85, no. 2: 113-128.

BONHAM, CARL, BYRON GANGNES y ARI VAN ASSCHE

- 2007 “Fragmentation and East Asia’s Information Technology Trade”, *Applied Economics* 39, no. 2: 215-228.

BORRUS, MICHAEL, DIETER ERNST y STEPHAN HAGGARD

- 2000 *International Production Networks in Asia: Rivalry or Riches?* Londres: Routledge.

CHANDLER, ALFRED D.

- 2001 *Inventing the Electronic Century: The Epic Story of the Consumer Electronics and Computer Industries*. Nueva York: The Free Press.

DEDRICK, JASON y KENNETH L. KRAEMER

- 1998 *Asia’s Computer Challenge: Threat or Opportunity for the United States and the World?* Oxford: Oxford University Press.

EVERATT, DONA, SO-HUNG TERENCE TSAI y B. CHENG

- 1999 *The Acer Group’s China Manufacturing Decision, Version A*. Ivey Case Series #9A99M009. Londres, Ont.: Richard Ivey School of Business, University of Western Ontario.

FINDLAY, RONALD y RONALD W. JONES

- 2001 “Input Trade and the Location of Production”, *American Economic Review Papers and Proceedings* 91, no. 2: 29-33.  
2000 “Factor Bias and Technical Progress”, *Economics Letters* 68, no. 3: 303-308.

FLEMING, LEE y OLAV SORENSON

- 2001 “The Dangers of Modularity”, *Harvard Business Review* 79, no. 8: 20-21.

GANGNES, BYRON y ARI VAN ASSCHE

- 2012 “Global Production Networks in Electronics and Intra-Asian Trade”, en Timo Henckel, ed., *Sustaining Growth and Development in East Asia*. Londres: Routledge.

2009 “China and the Future of Asian Technology Trade”, en L. Yueh, ed., *The Future of Asian Trade and Growth: Economic Development with the Emergence of China*. Londres: Routledge, 351-377.

GARUD, RAGHU y ARUN KUMARASWAMY

1995 “Technological and Organizational Designs to Achieve Economies of Substitution”, *Strategic Management Journal* 16, no. especial de verano: 93-109.

GAWER, ANNABELLE y MICHAEL CUSUMANO

2002 *Platform Leadership: How Intel, Microsoft and Cisco Drive Industry Innovation*. Boston: Harvard Business School Press.

GEREFFI, GARY, JOHN HUMPHREY y TIMOTHY STURGEON

2005 “The Governance of Global Value Chains”, *Review of International Political Economy* 12, no. 1: 78–104.

GROSSMAN, GENE y ELHANAN HELPMAN

2002 “Integration versus Outsourcing in Industry Equilibrium”, *Quarterly Journal of Economics* 117, no. 1: 85-120.

GROSSMAN, GENE y ESTEBAN ROSSI-HANSBERG

2008 “Trading Tasks: A Simple Theory of Offshoring”, *American Economic Review* 98, no. 5: 1978-1997.

GROSSMAN, GENE, SANFORD J. y OLIVER D. HART

1986 “The Costs and Benefits of Ownership: A Theory of Vertical and Lateral Integration”, *Journal of Political Economy* 94, no. 4: 691–719.

HART, OLIVER y JOHN MOORE

1990 “Property Rights and the Nature of the Firm”, *Journal of Political Economy* 98, no. 6: 1119-1158.

HELPMAN, ELHANAN

2006 “Trade, FDI, and the Organization of Firms”, *Journal of Economic Literature* 44, no. 3: 589-630.

JONES, RONALD W. y HENRYK KIERZKOWSKI

2000 “A Framework for Fragmentation”, Tinbergen Institute Discussion Paper 056/2.

1990 “The Role of Services in Production and International Trade: A Theoretical Framework”, en R. Jones y A. Krueger, eds., *The Political Economy of International Trade: Essays in Honor of Robert E. Baldwin*. Oxford: Blackwell, 31-48.

LANGLOIS, RICHARD N.

2000 “Modularity in Technology and Organization”, *Journal of Economic Behavior and Organization* 49, no. 1: 19-37.

LEAMER, EDWARD E. y MICHAEL STORPER

2001 “The Economic Geography of the Internet Age”, *Journal of International Business Studies* 32, no. 4: 641-665.

LEVY, FRANK y RICHARD J. MURNANE

2004 *The New Division of Labor: How Computers Are Creating the Next Job Market*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.

LI, FENG y JASON WHALLEY

2002 “Deconstruction of the Telecommunications Industry: From Value Chains to Value Networks”, *Telecommunications Policy* 26, no. 9: 451-472.

LOWE, NICHOLA y MARTIN KENNEY

1999 “Foreign Investment and the Global Geography of Production: Why the Mexican Consumer Electronics Industry Failed”, *World Development* 27, no. 8: 1427-1443.

McLAREN, JOHN

2000 “Globalization and Vertical Structure”, *American Economic Review*, 90, no. 5: 1239-1254.

MUDAMBI, RAN

2008 “Location, Control and Innovation in Knowledge-intensive Industries”, *Journal of Economic Geography* 8, no. 5: 699-725.

2007 “Offshoring: Economic Geography and the Multinational Firm”, *Journal of International Business Studies* 38, no. 1: 206-210.

ORNELAS, EMANUEL y JOHN TURNER

2008 “Trade Liberalization, Outsourcing, and the Hold-up Problem”, *Journal of International Economics* 74, no. 1: 225-241.

PISANO, GARY P. y WILLY C. SHIH

2009 “Restoring American Competitiveness”, *Harvard Business Review* 87, nos. 7-8: 114-125.

REED ELECTRONICS RESEARCH

2007 “Guide to the Interpretation of the Statistics”, mimeo.

SANCHEZ, RON y JOSEPH T. MAHONEY

1996 “Modularity, Flexibility, and Knowledge Management in Product and Organization Design”, *Strategic Management Journal* 17, no. 1: 63-76.

SCHILLING, MELISSA

2000 “Towards a General Modular Systems Theory and its Application to Inter-firm Product Modularity”, *Academy of Management Review* 25, no. 2: 312-334.

SHIH, WILLY, CHINTAY SHIH y CHEN-FU CHIEN

2009 “Horizontal Specialization and Modularity in the Semiconductor Industry”, Harvard Business School Case 9-609-001.

SPENCER, BARBARA JUDITH

2005 “International Outsourcing and Incomplete Contracts”, *Canadian Journal of Economics* 38, no. 4: 1107–1135.

STURGEON, TIMOTHY J.

2002 “Modular Production Networks: A New American Model of Industrial Organization”, *Industrial and Corporate Change* 11, no. 3: 451-96.

STURGEON, TIMOTHY J. y JI REN LEE

2001 “Industry Co-evolution and the Rise of Shared Supply-base for Electronics Manufacturing”, MIT Industrial Performance Center Working Paper no. 01-002.

STURGEON, TIMOTHY J. y RICHARD FLORIDA

2000 “Globalization and Jobs in the Automotive Industry”, MIT Industrial Performance Center Globalization Study Working Paper no. 01-003.

THOENIG, MATHIAS y THERRY VERDIER

2010 “A Macroeconomic Perspective on Knowledge Management”, *Journal of Economic Growth* 15, no. 1: 33-63.

ULRICH, KARL

1995 "The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm", *Research Policy* 24, no. 3: 419-40.

VENABLES, ANTHONY J.

1999 "Fragmentation and Multinational Production", *European Economic Review* 43, nos. 4-6: 935-945.

WILLIAMSON, OLIVER E.

1985 *The Economic Institutions of Capitalism*. Nueva York: Free Press.

YUSUF, SHAHID

2001 "The East Asian Miracle at the Millennium", en Joseph Stiglitz y S. Yusuf, eds., *Rethinking the East Asian Miracle*. Nueva York: Oxford University Press, 1-53.

ZIRPOLI, FRANCESCO y MARCUS C. BECKER

2011 "What Happens When you Outsource too Much?", *MIT Sloan Management Review* 52, no. 2: 59-64.

## Fuentes complementarias

ASSCHE, ARI VAN y BYRON GANGNES

2010 "Electronics Production Upgrading: Is China Exceptional?", *Applied Economics Letters* 17, no. 5: 477-482.

CURRY, JAMES y MARTIN KENNEY

1999 "Beating the Clock: Corporate Responses to Rapid Change in the PC Industry", *California Management Review* 42, no. 1: 8-36.

LANGLOIS, RICHARD N. y EDWARD STEINMUELLER

1999 "The Evolution of Competitive Advantage in the Worldwide Semiconductor Industry, 1947-1996", en D. Mowery y R. Nelson, eds., *The Sources of Industrial Leadership*. Nueva York: Cambridge University Press, 19-78.

LANGLOIS, RICHARD N. y PAUL L. ROBERTSON

1995 *Firms, Markets, and Economic Change: A Dynamic Theory of Business Institutions*. Londres: Routledge.

LINDEN, GREG, KENNETH L. KRAEMER y JASON DEDRICK

2009 “Who Captures Value in a Global Innovation Network? The Case of Apple’s iPod”, *Communications of the ACM* 52, no. 3: 140-144.

MA, ALYSON y ARI VAN ASSCHE

2011 “Global Production Networks in the Post-crisis Era”, en M. Haddad y B. Shepherd, eds., *Managing Openness: Trade and Outward-Oriented Growth after the Crisis*. Washington, D.C.: World Bank, 275-286.

MA, ALYSON, ARI VAN ASSCHE y C. HONG

2009 “Global Production Networks and China’s Processing Trade”, *Journal of Asian Economics* 20, no. 6: 640-654.