

# Maquiladoras fronterizas

Evolución y heterogeneidad en los sectores  
**electrónico y automotriz**

Jorge Carrillo  
María del Rosio Barajas  
*coordinadores*



25  
años



El Colegio  
de la Frontera  
Norte

Miguel Ángel  
Porrúa

# Maquiladoras **f**ronterizas

Evolución y heterogeneidad en los sectores  
**electrónico y automotriz**

Jorge Carrillo  
María del Rosio Barajas  
*coordinadores*

HD Maquiladoras fronterizas : evolución y heterogeneidad  
9734 en los sectores electrónico y automotriz / Jorge Carrillo y  
.M43 María del Rosio Barajas (coordinadores) – 1a ed. – Tijuana,  
M36 Baja California : El Colegio de la Frontera Norte; México  
2007 D.F.: Miguel Ángel Porrúa, 2007.  
p. ; cm.

ISBN El Colef: 978-968-7947-53-2  
ISBN MAP: 978-970-701-957-7

1. Industria ensambladora transnacional – Norte de México.
2. Industria electrónica – Norte de México. 3. Industria automotriz – Norte de México. I. Carrillo Viveros, Jorge. II. Barajas, María del Rosio. III. Colegio de la Frontera Norte (Tijuana, Baja California).

Esta investigación, arbitrada por pares académicos,  
se privilegia con el aval de la institución coeditora.

Proyecto Conacyt 35497

Primera edición, septiembre del año 2007

© 2007

EL COLEGIO DE LA FRONTERA NORTE  
ISBN 978-968-7947-53-2  
www.colef.mx

© 2007

Por características tipográficas y de diseño editorial  
MIGUEL ÁNGEL PORRÚA, librero-editor  
ISBN 978-970-701-957-7

Derechos reservados conforme a la ley

Queda prohibida la reproducción parcial o total, directa o indirecta del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito de los editores, en términos de lo así previsto por la Ley Federal del Derecho de Autor y en su caso, por los tratados internacionales aplicables.

IMPRESO EN MÉXICO



PRINTED IN MEXICO

www.maporrúa.com.mx

Amargura 4, San Ángel, Álvaro Obregón, 01000 México, D.F.

## Agradecimientos

Los diferentes autores agradecen el apoyo brindado por el Consejo Nacional de la Industria Maquiladora (CNIME), a la Asociación de la Industria Maquiladora de Tijuana y Mexicali y, muy en particular, a los gerentes de las empresas maquiladoras que nos abrieron sus puertas para realizar las entrevistas. Asimismo, agradecemos el gran apoyo brindado por la oficina de Canacindra y por la Dirección Regional de El Colef, ambas en Ciudad Juárez. Sin todos estos apoyos no hubiera sido posible la realización de la presente encuesta ni los resultados alcanzados en este libro. Finalmente, deseamos agradecer el apoyo financiero brindado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) para la realización del proyecto 35957-s, y a nuestra institución, El Colegio de la Frontera Norte, de la misma manera se agradecen los comentarios de los dictaminadores externos anónimos.

## Introducción

En el marco del proyecto de investigación “Aprendizaje Tecnológico y Escalamiento Industrial: Perspectivas para la Formación de Capacidades de Innovación en la Maquiladora de México” (núm. 35947) financiado por el Conacyt, El Colegio de la Frontera Norte realizó una encuesta con gerentes de empresas maquiladoras ubicadas en las ciudades fronterizas de Tijuana y Mexicali, en Baja California, y en Ciudad Juárez, Chihuahua, durante el año 2002. La aplicación de un cuestionario a plantas industriales del sector electrónico y de autopartes arrojó resultados de gran importancia para el conocimiento de los segmentos más dinámicos de la industria maquiladora en México. Una extensión del anterior trabajo fue el proyecto “Aprendizaje Industrial y Actores Locales. Las maquiladoras frente a la competencia” (núm. 42608). En este sentido, el propósito de este libro es presentar algunos de los principales resultados derivados de la encuesta, los cuales describen cerca de 300 plantas en distintos ámbitos como producción, tecnología, información tecnológica, innovación, recursos humanos, vinculación con el sector educativo, y opiniones sobre las instituciones de apoyo. A través del análisis de estas dimensiones pretendemos llegar a una mejor y más adecuada comprensión de la ya compleja industria maquiladora.

Como se señaló en el párrafo anterior, los resultados de la presente encuesta se circunscriben a un proyecto de

investigación más amplio –de tipo interinstitucional– cuyo objetivo central es el de analizar los procesos de aprendizaje y escalamiento (*upgrading*) tecnológico y organizacional de las empresas maquiladoras ubicadas en ciudades fronterizas, bajo la perspectiva analítica de la formación de capacidades y el desarrollo de *clusters* industriales. Se examinan las formas en que la interacción entre empresas contribuye al aprendizaje y cómo éste se distribuye en los distintos nodos de la cadena productiva. El análisis incluye la descripción y relaciones de la matriz institucional que soporta la creación y transformación de los *clusters*. Los objetivos de este proyecto interinstitucional tuvieron como antecedente diferentes resultados de investigación (Alonso, Carrillo y Contreras, 2002 y 1994; Carrillo y Hualde, 2000; Hualde, 2000; Barajas, 2000; Lara-Rivero, 2000; Casalet, 2000; Dutrénit, 2000a y 2000b; Alonso, Contreras y Keney, 1996, entre muchos otros) en particular el trabajo sobre la transición industrial, las capacidades evolutivas y las generaciones de maquiladoras y muy especialmente la tercera generación de empresas (Alonso y Carrillo, 1996a y 1996b; Carrillo y Hualde, 1996), la cual sirvió de pilar en el diseño y desarrollo de este estudio.

El proyecto interinstitucional fue llevado a cabo por tres grupos de investigadores y estudiantes de posgrado pertenecientes a tres instituciones: El Colegio de la Frontera Norte, la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales y la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.<sup>1</sup> Se utilizan diversas metodologías: estudios de caso de firmas, entrevistas con funcionarios de instituciones públicas y privadas, y la encuesta dirigida a gerentes de plantas maquiladoras. Además, se combinan diferentes unidades y

niveles de análisis para estudiar un fenómeno complejo en el cual interactúan diferentes sectores, tipos de empresas, instituciones, actores, y localidades insertas en regiones que tienen crecientemente un carácter binacional o transfronterizo. En este sentido, la estrategia de investigación distingue cuatro unidades fundamentales de análisis: 1. la firma, 2. la planta, 3. los *clusters* y 4. las instituciones.

En este libro se presenta fundamentalmente resultados derivados de la Encuesta a Plantas Maquiladoras.<sup>2</sup> El objetivo particular al que responde esta metodología es el de describir y analizar el proceso de escalamiento industrial en dos sectores: a) la electrónica de consumo y b) las autopartes localizadas en las ciudades fronterizas de Tijuana, Mexicali y Ciudad Juárez. Los resultados están dirigidos a analizar principalmente las plantas en forma conjunta y, en menor medida, los *clusters*. Otras publicaciones que están por difundirse (consúltese la página web del proyecto: [www.maquiladoras.info](http://www.maquiladoras.info)) arrojan resultados complementarios derivados de otras metodologías, en particular los libros coordinados por Dutrénit (2005), Lara (2005) y Villavicencio (2005).

Las preguntas que formula el protocolo de investigación interinstitucional en el ámbito de las empresas maquiladoras, y que la encuesta brinda resultados para su respuesta, son las siguientes:

a) ¿Cómo se ha modificado la relevancia económica de las empresas y su estructura ante las nuevas condiciones de competitividad que enfrenta la maquiladora?, ¿los factores que impulsaron por dos décadas a ciertas maquiladoras a evolucionar hacia procesos de innovación, continuarán ejercitando su efecto en el futuro, tomando

<sup>1</sup>Consúltese al final del libro el Anexo. Participantes en la encuesta.

<sup>2</sup>La encuesta lleva el mismo título que el proyecto de investigación.

en cuenta la nueva situación de competitividad?, ¿cómo estimular la formación de capacidades tecnológicas ya adquiridas por las plantas maquiladoras en este nuevo contexto competitivo?

b) ¿La heterogeneidad tecnológica y organizacional que ha prevalecido en la maquiladora implica la formación de diferentes capacidades dentro de las empresas?, ¿qué diferencias existen entre las formas de adquirir/construir capacidades tecnológicas en diferentes segmentos de empresas a lo largo de la cadena de valor?

c) ¿El soporte institucional local está impactando los diferentes segmentos de empresas maquiladoras?, ¿esto ha impactado en la evaluación del desempeño de las instituciones públicas y privadas?

Por tanto, la pregunta original del estudio, ¿las empresas y sus redes están capacitadas para elevar la competitividad?, no sólo fue atinada, sino que actualmente su respuesta es estratégica si se quiere poder enfrentar las nuevas condiciones de competitividad. En este sentido, los resultados del proyecto que presentamos en siete capítulos que conforman este libro buscan conocer si las empresas han logrado generar capacidades de innovación y mantener un proceso de aprendizaje tecnológico que les permita transitar por una senda de escalamiento industrial o, en otras palabras, cuáles son los alcances y las limitaciones de este proceso de escalamiento industrial en la Industria Maquiladora de Exportación (IME).

Una pregunta obligada en un estudio sobre maquiladoras es, si era realmente necesario hacer otra encuesta ya que existe demasiada información y literatura al respecto. La respuesta, sin embargo, fue afirmativa debido al amplio desconocimiento de las capacidades evolutivas del sector —como veremos enseguida—, especialmente por la heteroge-

neidad estructural<sup>3</sup> en la mayoría de sus variables (Carrillo, 1993), y por la falta de un instrumento que midiera y/o detectara la evolución de dichas capacidades. Y porque aún después de casi 40 años de operación sigue prevaleciendo, por un lado, un fuerte estereotipo sobre las maquiladoras, en particular sobre lo que se ha denominado en la literatura “maquiladoras de primera generación” (Carrillo y Hualde, 1996; Alonso y Carrillo, 1996a y 1996b). Y, por otro lado, una visión dicotómica que busca resaltar sus rasgos positivos y negativos, sus potencialidades o limitaciones, y que en este sentido poco ayuda a conocer las trayectorias de firmas, sectores, regiones e instituciones, en las cuales evidentemente coexisten características y procesos de escalamiento (*upgrading*) pero también de desescalamiento (*downgrading*).<sup>4</sup> Una segunda pregunta obligada fue la pertinencia de realizar una encuesta con plantas maquiladoras para analizar trayectorias de firma y lógicas de redes de empresas, cuando de antemano sabemos que las encuestas están limitadas para comprender los procesos de cambio. La respuesta en este caso es que, si bien es necesario realizar estudios de caso para conocer y determinar las capacidades evolutivas y las trayectorias de escalamiento industrial (estudios que fueron realizados en el marco del proyecto interinstitucional),<sup>5</sup> se requiere información precisa y generalizable de las empresas en un momento dado

<sup>3</sup>Entendiendo por heterogeneidad estructural cuando existen diversos patrones y no uno solo. Estadísticamente significa que es mayor a uno el coeficiente de variación derivado de la división entre media y desviación estándar.

<sup>4</sup>Trabajos recientes analizan las maquiladoras con esta perspectiva dual que integra rasgos positivos y negativos. Véanse Kopinak y Guzmán García (2004); Carrillo y Schatán (2004).

<sup>5</sup>Véanse Urióstegui (2002) para el caso de Philips; Hualde y Lara (2003) para el caso de Philips-Cenaltex; Arias y Dutrénit (2003), Carrillo y Lara (2003a y 2003b) y Lara y Carrillo (2003) para el caso de Delphi; Lara, Trujano y García Garnica (2003) para el caso de Lear y Hualde, Barajas y Gomis (2002) para el caso de Samsung, entre otros estudios de caso.

que permita comparar en este caso experiencias en localidades y sectores productivos distintos, así como contar con un “techo de conocimiento a donde arribar”. Además el cúmulo de información que se genera en una encuesta permite dimensionar y contextualizar los resultados de los estudios de caso. Finalmente, la tradicional discusión de la casuística de los resultados de un estudio de caso y de su falta de generalización, puede ser complementada con la metodología de la encuesta.

La mayoría de los capítulos de este libro presentan resultados de la encuesta arriba mencionada. Durante los meses de abril y junio de 2002 se aplicó la encuesta a casi 300 establecimientos maquiladores, lo que representó una cobertura, para este año, de 30 por ciento de las plantas de la electrónica que operaban en el país y de 39 por ciento de las plantas de autopartes. De acuerdo con las entidades seleccionadas previamente, la encuesta representó 13 por ciento de las plantas localizadas en Baja California (en las ciudades de Tijuana y Mexicali), y 25 por ciento de las plantas ubicadas en Ciudad Juárez, Chihuahua. Sin embargo, para los sectores productivos y las ciudades seleccionadas esta muestra alcanzó una representatividad de alrededor de 80 por ciento de las plantas. No se trata de una muestra probabilística ya que la metodología buscó realizar un censo de establecimientos. Debido a la severa crisis económica que enfrentó el sector maquilador, muchas de las plantas que se contemplaba incorporar al censo ya habían abandonado el país, otras se encontraban en procesos de reestructuración y otras rechazaron contestar el cuestionario.

El cuestionario fue aplicado directamente a gerentes de las empresas (principalmente de planta y de producción, pero también hubo casos de gerentes de recursos humanos, de relaciones industriales, entre otros), donde al menos un

directivo, en cada caso, nos proporcionó valiosa información cualitativa y cuantitativa para complementarla con datos económicos agregados, así como para profundizar sobre la dinámica de los segmentos más dinámicos de la industria maquiladora en México.

Los resultados de la presente encuesta, como se constata a lo largo del libro, permiten describir, caracterizar y evaluar el estado de las capacidades sociotécnicas de las plantas maquiladoras y el desarrollo de actividades y departamentos de investigación y desarrollo, así como la participación de las empresas en procesos de innovación y mejora de productos y procesos. De igual manera se muestran diversos indicadores sobre el proceso de escalamiento industrial. A lo largo del libro se presentan muy diversos resultados, los cuales permiten demostrar la existencia de un sector moderno, que ha logrado avanzar en el proceso de escalamiento industrial, pero también una maquila heterogénea en su interior, ya que coexisten diferentes niveles de empresas o, en otros términos, distintos tipos de maquiladoras.

Es importante resaltar algunas de las características de la encuesta. En primer lugar, implicó un enorme esfuerzo organizacional, humano y financiero. No sólo se trata de una encuesta cara,<sup>6</sup> sino que en esta tarea participaron muchas personas e instituciones. Más de 50 personas estuvieron involucradas en la encuesta; tan sólo en el diseño del cuestionario participaron 14 investigadores de diferentes instituciones. Resalta en particular el apoyo recibido de las asociaciones de maquiladoras y del Consejo Nacional de la Industria Maquiladora, quienes a través de cartas y reuniones avalaron el proyecto y facilitaron el proceso. En segundo lugar, se trata de una encuesta representativa es-

<sup>6</sup>El costo del operativo fue de 50,000 dólares.

tadísticamente de los sectores y ciudades seleccionadas, ya que como se mencionó anteriormente abarcó a cerca del 80 por ciento de los establecimientos. En tercer lugar, se contó con un marco muestral único con variables clave, el cual se verificó en trabajo de campo. En cuarto lugar, se contó con un equipo de personas altamente calificadas para aplicar el cuestionario.<sup>7</sup> Y en quinto lugar, se trató de una encuesta “cara a cara” con una duración en promedio de dos horas, en donde se visitó en más de una ocasión a cada establecimiento, y se tuvo verificación aleatoria posterior. Entre las fortalezas de la encuesta se encuentra el gran volumen de variables recabadas (más de 400), la representatividad estadística, la pertinencia de la problemática estudiada,<sup>8</sup> y la originalidad, ya que por primera vez se cuenta con información estadística de muchas de las variables incluidas en el cuestionario. Una característica singular de esta encuesta es que fue realizada en medio de la crisis industrial derivada de la desaceleración en la economía de Estados Unidos. Desde octubre de 2000 y hasta inicios de 2004, las variables de empleo y de establecimientos de maquiladoras empezaron a ser negativas. Contrario al tremendo crecimiento experimentado en la década anterior, particularmente después de la firma del TLCAN, se observó una reducción sustantiva de la actividad maquiladora. La en-

<sup>7</sup>Como estudiantes de la maestría en desarrollo regional, personal encuestador calificado en Tijuana y Mexicali y encuestadores profesionales del propio INEGI en Juárez. Se contrató una empresa que organizó el trabajo de campo en Baja California.

<sup>8</sup>Los temas de competitividad, innovación, y capacidades de las empresas (tecnológicas, organizacionales y humanas) son asuntos prioritarios tanto para las empresas maquiladoras como para los hacedores de políticas. Actualmente existe un *boom* de asociacionismo de actores institucionales (públicos y privados), en las ciudades de Baja California y Chihuahua, que buscan fortalecer la competitividad regional a través del desarrollo de *clusters* y de la formación de estrategias, instrumentos de mediano y largo plazo.

cuesta fue realizada en 2002 y en ese sentido las respuestas de los gerentes estuvieron inmersas en medio de una severa crisis y de pocas expectativas de crecimiento.

La utilidad de la encuesta se expresa claramente en la productividad alcanzada. Se publicó un libro de resultados estadísticos (Carrillo y Gomis, 2003) el cual se ha difundido ampliamente en forma impresa y electrónica.<sup>9</sup> Se publicaron muy diversos artículos, capítulos en libros y presentaciones en seminarios. La encuesta permitió la realización de cinco tesis de maestría y una de doctorado, todas ellas de El Colegio de la Frontera Norte. Actualmente, la base de datos se encuentra disponible en instituciones académicas de México y de Estados Unidos y se están realizando con ella nuevas tesis y publicaciones.

La encuesta tiene, sin embargo, limitaciones importantes que hay que señalar. Primero, mayores dificultades para conseguir las entrevistas debido al contexto de la crisis. Segundo, que se limita únicamente a dos sectores dinámicos y a tres ciudades, en ese sentido no puede generalizarse al resto de las ciudades y sectores. Tercero, que el enfoque y las preguntas de investigación se orientan hacia el escalamiento y aprendizaje, y dejan de lado en ese sentido otros temas fundamentales con perspectivas diferentes. Y cuarto, como toda encuesta única, representa tan sólo una “fotografía” y se requiere contar con la “película” para comprender el dinamismo del sector.

Este libro contiene siete capítulos. En el primero Carrillo y Gomis se preguntaron si la maquiladora ha evolucionado y si podrá continuar su evolución tomando en cuenta el nuevo contexto de fuerte competitividad que enfrentan las

<sup>9</sup>El libro *La maquiladora en datos*, se puede adquirir gratuitamente en formato electrónico (Contacto: carrillo@colef.mx).

empresas. A partir de una formulación conceptual y de cierta evidencia empírica discuten, por un lado, el concepto de escalamiento industrial principalmente y el de aprendizaje en las firmas y en los *clusters*, en menor medida. Y por otro lado, se expusieron los factores asociados al nuevo contexto de competitividad de las maquiladoras en México. En el capítulo 2 Almaraz analiza la relevancia económica de las maquiladoras tanto en el nivel nacional, como para los sectores electrónicos y de autopartes, así como de sus proveedores, y para lo cual utiliza una perspectiva de tipo histórica. Carrillo y Hualde presentan en el capítulo 3 los cambios principales en la industria electrónica, particularmente en la producción de televisores. Analizan el paso de la televisión análoga a la digital, y discuten los principales cambios que se prevé se generarán en esta industria. En el capítulo 4 Barajas, Rodríguez y Almaraz analizan la complejidad productiva y organizacional en las plantas maquiladoras y su relación con la formación de capacidades tecnológicas y organizacionales, recurriendo a un enfoque de niveles tecnoproductivos. Por su parte Gomis y Carrillo en el capítulo 5 analizan el tema de la información tecnológica en las maquiladoras, y de cómo son incorporadas en las plantas. El mercado de trabajo y el aprendizaje en las maquiladoras es analizado por Hualde en el capítulo 6. Se pregunta si la nueva reestructuración productiva implicará cambios sustantivos en la estructura ocupacional y en los puestos de trabajo. Finalmente, en el capítulo 7 Barajas y Rodríguez reconstruyen la matriz institucional en las ciudades de Tijuana y Mexicali, así como en San Diego. Asimismo, las autoras buscan determinar la percepción de los entrevistados en las plantas maquiladoras sobre los apoyos y accesos a programas de los organismos públicos y privados.

Jorge Carrillo y Redi Gomis

## ¿La maquila evoluciona?, ¿podrá evolucionar en el contexto?

### Introducción

¿La maquila evoluciona? Esta es una pregunta de gran relevancia ya que, por un lado, existe una opinión generalizada en ciertos círculos de que la maquila simplemente ya no es competitiva en México y, por otro lado, que las limitantes estructurales de un modelo de industrialización "tipo maquilador" no permiten que evolucione dicho sistema. Estas apreciaciones se fundamentan tanto en la severa crisis de la actividad maquiladora desde finales del año 2000 y hasta principios del 2004, como en las limitaciones tradicionales de dicha industria, a saber, la escasa vinculación con la planta productiva nacional y el empleo mayoritario de operadores de baja calificación con bajos salarios relativos. Si bien estas realidades, tanto cíclicas como estructurales, son un hecho demostrable, también es cierto que las empresas maquiladoras continúan operando en México y que han sido definidas como un sector prioritario por el actual gobierno federal, y por las políticas industriales regionales.

Sin menospreciar las limitaciones de la industria maquiladora, también es necesario reconocer una realidad muy distinta: la evolución del sector. Las empresas realizan procesos cada vez más complejos, productiva y tecnológicamente hablando; aumentan el número de productos

<i>Agradecimientos</i> . . . . .	5
<i>Introducción</i>	
JORGE CARRILLO Y MARÍA DEL ROSIO BARAJAS . . . . .	7
Capítulo 1	
<i>¿La maquila evoluciona?, ¿podrá evolucionar en el contexto?</i>	
JORGE CARRILLO Y REDI GOMIS . . . . .	17
Introducción . . . . .	17
El escalamiento industrial . . . . .	21
El nuevo contexto de operación de las maquiladoras . . . . .	37
Metodología. Investigación guía y encuesta . . . . .	41
Capítulo 2	
<i>La relevancia económica y el perfil de las maquiladoras electrónicas y de autopartes en tres ciudades del norte de México (1990-2003)</i>	
ARACELI ALMARAZ . . . . .	51
Introducción . . . . .	51
Comportamiento de los principales indicadores de la IME desde la década de los noventa . . . . .	59
Factores de competitividad y perfil de establecimientos electrónicos y de autopartes en un contexto de crisis . . . . .	81
Consideraciones finales . . . . .	99

## Capítulo 3

*Presente y futuro de la manufactura de televisores en la frontera norte de México: de la tecnología análoga a la digital*

JORGE CARRILLO Y ALFREDO HUALDE . . . . .	105
Introducción . . . . .	105
La importancia de la televisión convencional en México . . . . .	105
La producción de televisores digitales en México . . . . .	133
Conclusiones . . . . .	143

## Capítulo 4

*Complejidad tecnoproductiva y su relación con la formación de capacidades tecnológicas y organizacionales en la industria maquiladora de exportación*

MARÍA DEL ROSIO BARAJAS, CARMEN RODRÍGUEZ Y ARACELI ALMARAZ . . . . .	147
Introducción . . . . .	147
Fundamentos teóricos sobre la relación entre capacidad productiva, capacidades tecnológicas y organizacionales y cambio técnico . . . . .	149
La construcción de los niveles de complejidad tecnoproductivos para estudiar a la IME . . . . .	158
Análisis de la complejidad tecnoproductiva en la IME y su relación con las dimensiones que explican su heterogeneidad . . . . .	163
Consideraciones finales . . . . .	197

## Capítulo 5

*La información tecnológica en las plantas maquiladoras: escalamiento, innovación*

REDI GOMIS Y JORGE CARRILLO . . . . .	203
Introducción . . . . .	203
Las tecnologías de la información y las empresas . . . . .	204

*¿Escalamiento en tecnologías de la información en las plantas maquiladoras del norte de México?*

de México? . . . . .	206
Inversiones en recursos computacionales . . . . .	207
Enterprise Resource Planning . . . . .	210
Las tecnologías de la información en el funcionamiento de las plantas maquiladoras del norte de México . . . . .	214
Índice de uso de las tecnologías de la información . . . . .	215
Variables del funcionamiento de las plantas . . . . .	216
A manera de conclusión . . . . .	223

## Capítulo 6

*¿Quién aprende en las maquiladoras? Mercados de trabajo y aprendizaje en la frontera norte de México*

ALFREDO HUALDE ALFARO . . . . .	225
Introducción . . . . .	225
El marco contextual: la economía y el mercado de trabajo en México . . . . .	230
Los mercados de trabajo locales . . . . .	233
La estructura del empleo en la industria maquiladora . . . . .	236
Conclusiones . . . . .	259

## Capítulo 7

*Los actores en el entramado institucional transfronterizo y su relación con la red regional de aprendizaje y el escalamiento en la IME*

MARÍA DEL ROSIO BARAJAS Y CARMEN RODRÍGUEZ . . . . .	263
Introducción . . . . .	263
¿Podemos precisar los límites del entorno institucional que se genera con la participación de capitales transnacionales? . . . . .	265
Métodos de análisis . . . . .	270
Las redes del entramado institucional . . . . .	272

La empresa y su marco institucional. . . . .	287
Conclusiones. . . . .	321
<i>Bibliografía</i> . . . . .	325
<i>Sobre los coordinadores</i> . . . . .	361
<i>Anexo</i> . . . . .	365
Participantes en la encuesta. . . . .	365
Participantes en el proyecto interinstitucional . . . .	367

*Maquiladoras fronterizas. Evolución y heterogeneidad en los sectores electrónico y automotriz, se terminó de imprimir en la ciudad de México durante el mes de septiembre del año 2007. La edición, en papel de 75 gramos, estuvo al cuidado de la oficina litotipográfica de la casa editora.*



*María del Rosio Barajas, Carmen Rodríguez y Araceli Almaraz*

## Complejidad tecnoproductiva y su relación con la formación de capacidades tecnológicas y organizacionales en la industria maquiladora de exportación\*

### Introducción

Este capítulo tiene como objetivo general analizar las principales características tecnológicas y organizacionales de la industria maquiladora de exportación (IME) con base en los resultados de la encuesta Aprendizaje Tecnológico y Escalamiento Industrial en los siguientes sectores: electrónica, autopartes y entre sus proveedores. En particular, se analiza el grado de desarrollo tecnológico y organizacional de la IME en México y su relación con los procesos de aprendizaje y escalamiento industrial desde tres hipótesis principales: 1. que al interior de la IME se advierte un alto grado de heterogeneidad tecnológica y organizacional resultado del sector en que se participa pero, sobre todo, del grado de complejidad tecnoproductiva predominante;<sup>1</sup>

\*Las autoras agradecen los valiosos apoyos recibidos en el tratamiento estadístico de la información a la maestra Ruth Rodríguez y a los licenciados Arturo Torres y Francisco Barraza, así como la asistencia de Irasema Osuna y Miguel Castro. Asimismo, queremos agradecer las acertadas observaciones y críticas de Jorge Alonso, Óscar Contreras y Jorge Carrillo al presente documento, las cuales permitieron enriquecer nuestros planteamientos.

<sup>1</sup>Entendemos como nivel tecnoproductivo las características de desarrollo de la planta en relación con las distintas funciones que se llevan a cabo como parte de su proceso productivo, las cuales se distinguen por distintos niveles de complejidad tecnológicos y organizacionales. Para propósitos de este trabajo hemos construido tres de esos niveles, basándonos para ello en la

2. que una parte importante de la IME utiliza tecnologías de punta, pero ello no necesariamente está asociado ni con una mayor complejidad productiva u organizacional de las plantas, ni con un mayor valor agregado del producto, ni tampoco con una mayor autonomía de las plantas filiales respecto de su casa matriz; 3. y por tanto los procesos de aprendizaje tecnológico y organizacional en los que participan las plantas maquiladoras también son altamente heterogéneos.

El capítulo se organiza en tres apartados: en el primero presentamos una breve discusión teórica alrededor de la relación existente entre capacidad productiva, cambio técnico y capacidades tecnológicas y organizacionales. Este debate es importante para ubicar en qué sentido se harán los aportes sobre los procesos de aprendizaje y de escalamiento industrial en la IME; en el segundo detallamos las distintas metodologías que fueron construidas para nuestro análisis; y en el tercero presentamos los resultados del análisis sobre procesos de aprendizaje y escalamiento encontrados en plantas maquiladoras estudiadas de la electrónica, autopartes y sus proveedores, relacionando su inserción en un determinado nivel de complejidad tecnoproductiva con sus variables contextuales, sus características y capacidades tecnológicas y de innovación, así como con sus capacidades organizacionales; en este mismo apartado presentamos los resultados de la construcción de un índice de cambio tecnológico. Finalmente, concluimos con una reflexión sobre la importancia de los hallazgos y las líneas de investigación que se derivan de estos hallazgos sobre la complejidad tecnoproductiva en la IME.

metodología sobre capacidades de aprendizaje e innovación propuesta por Bell y Pavitt (1992). En el apartado metodológico se explica más ampliamente tal construcción.

## Fundamentos teóricos sobre la relación entre capacidad productiva, capacidades tecnológicas y organizacionales y cambio técnico

El punto de partida para nuestro estudio lo constituye el argumento central que desarrollaron Bell y Pavitt (1992: 4) en el sentido de que las capacidades productivas de una firma<sup>2</sup> no siempre logran convertirse en capacidades tecnológicas y organizacionales.<sup>3</sup> En particular estos autores señalan que, para que en un país en desarrollo la firma transite de una determinada capacidad de producción a la creación de capacidades tecnológicas es necesario que participe en las distintas fuentes del cambio técnico,<sup>4</sup> como pueden ser las actividades relativas al diseño del producto y el proceso, o la ingeniería de producción, sin que ello necesariamente implique generar vínculos con la investigación y el desarrollo, que constituye, de igual forma, una fuente

<sup>2</sup> La capacidad de producción se define por los recursos utilizados para producir bienes industriales a un determinado nivel de eficiencia y de combinación de insumos: los equipos (incluye tecnología incorporada), las habilidades de la fuerza de trabajo (el *know-how* y la experiencia de y en la operación y administración), las especificaciones del producto y de los insumos y el sistema organizacional utilizado (Bell y Pavitt, 1992: 3).

<sup>3</sup> Las capacidades tecnológicas son las habilidades técnicas, organizativas y de gestión necesarias en una empresa para instalar una planta, utilizarla más eficientemente, mejorarla y, en la medida de sus posibilidades, ampliarla con el tiempo, así como para desarrollar nuevos productos y procesos. Por ejemplo, el desarrollo de la tecnología industrial incide en el crecimiento de las capacidades tecnológicas, ya que incorpora recursos adicionales y distintivos para generar y manejar el cambio técnico, incluyendo habilidades, conocimiento y experiencia, así como la estructura institucional y sus vínculos (Bell y Pavitt, 1992; Dosi *et al.*, 2000).

<sup>4</sup> El cambio técnico consiste en la incorporación de nueva tecnología en una cantidad relativamente importante (tal como una inversión en instalaciones productivas nuevas o adicionales) o por la adopción de innovaciones técnicas incrementales (Bell y Pavitt, 1992: 3). Sin embargo, para autores como Martínez y Albornoz (1998) el cambio técnico no implica necesariamente el uso de nuevas tecnologías; puede consistir simplemente en la imitación y difusión de técnicas existentes o de sustitución de los factores de producción.

de cambio técnico en la que apenas empiezan a incursionar los países en desarrollo.

En síntesis, lo que Bell y Pavitt han argumentado es que la acumulación de tecnología en países de menor industrialización sucede por el incremento de la capacidad productiva. Es decir, dicha acumulación se produce cuando las firmas adquieren bienes de capital y el *know-how* requerido, para situarse, no en "la frontera del conocimiento", sino en la "frontera de la eficiencia productiva" (Bell y Pavitt, 1992: 2).

Siguiendo con esta lógica, entonces las actividades productivas que desarrolle e incorpore una determinada firma serán la clave para generar o no el cambio técnico. Por lo tanto, es válido concluir que las actividades rutinarias de producción hacen una muy limitada contribución al conocimiento y a la experiencia que se requiere para generar y manejar el cambio técnico, más si se trata de procesos fragmentados como los que, en su mayoría, representan las maquiladoras. Por lo tanto, es muy importante definir qué actividades pueden contribuir en mayor medida a la acumulación de tecnología y a los procesos de aprendizaje tecnológico en la IME. Asimismo, y dada la gran división del trabajo al interior de las firmas en relación con la operación y el manejo del cambio técnico, debe buscarse atraer a una empresa actividades que incluyan laboratorios de investigación y desarrollo, ingeniería del producto, entre otras (Bell y Pavitt, 1992: 5).

Incluso, en los propios países desarrollados, como señalan Mowery y Rosenberg (1998), en la historia del cambio tecnológico del siglo xx la idea de investigación y desarrollo se centró mucho más en la parte de desarrollo del producto, lo que implicó una amplia institucionalización de las inversiones en investigación orientadas al diseño de productos,

a los procesos de prueba, al rediseño y al mejoramiento de los procesos de manufactura.

Por su parte, Martínez y Albornoz (1998) señalan que debe acotarse que el cambio tecnológico, que implica una modificación en las relaciones técnicas de producción, es un proceso estrechamente relacionado con la investigación tecnológica, la invención, la innovación, la difusión y la gestión,<sup>5</sup> por lo que puede ser: a) incremental, ya que genera el mejoramiento de la variedad disponible de productos, procesos y servicios; b) mayor, ya que origina nuevas tecnologías para desarrollar nuevos productos, procesos o servicios, o de c) revolución tecnológica, que es el que deviene de una dinámica transformadora de la producción y distribución de bienes y servicios de la economía en su conjunto, así como de nuevas variedades de productos, procesos y servicios.

El acceso a esta capacidad productiva tiene un efecto importante en los procesos de aprendizaje<sup>6</sup> no sólo para el individuo, sino también para la organización productiva en su conjunto. Sin embargo, para que el conocimiento que se deriva del manejo de nuevas tecnologías (maquinaria y equipo) se encuentre al alcance de quienes la utilizan o ponen en marcha, es necesario que éstos cuenten con los manuales que lo codifican, es decir, que se encuentre a su alcance ese conocimiento codificado (Malecki, 1997). No obstante, en todo producto tecnológico subyace un tipo de conocimiento fundamental que sólo pertenece a los equipos

<sup>5</sup>La gestión tecnológica se refiere a la aplicación de las técnicas de gestión en apoyo a procesos de innovación tecnológica. Integra principios y métodos de gestión (administración, evaluación, economía, ingeniería, informática y matemáticas aplicadas) (Martínez y Albornoz, 1998).

<sup>6</sup>Para Malecki (1997), el aprendizaje es el proceso por el que las organizaciones, empresas o individuos adquieren conocimientos y habilidades de tipo técnico u organizacional.

de investigación que han manufacturado las máquinas y los aparatos, ya que son ellos quienes poseen en esencia un "conocimiento tácito".<sup>7</sup> De aquí que al hablar de conocimiento tecnológico tengamos que precisar, en primer lugar, qué tipo se está gestionando y, en segundo lugar, cuáles son las vías de acceso para adquirir y reproducir un determinado tipo de conocimiento. En las plantas y/o firmas estas vías son distintas debido al tipo de organización y metas de cada una, así como a la capacidad de aprendizaje, de penetración en el mercado, etcétera. De acuerdo con Malecki (1997) y Martínez y Albornoz (1998), existen diferentes tipos o avenidas por las cuales se produce el aprendizaje tecnológico.<sup>8</sup> Estos procesos, sin embargo, refieren a formas generales de entender el aprendizaje tecnológico, mismo que en la práctica puede presentar entrecruzamientos de diferentes tipos de aprendizaje. En términos económicos, la *curva de aprendizaje* (trayectoria) permitiría en gran parte describir el mejoramiento de la productividad de un agente económico, llámese empresa, establecimiento, filial, planta, negocio, corporativo o firma.

<sup>7</sup>Para Bell y Pavitt (1992: 4), el conocimiento tácito se define como el conjunto de reglas adquiridas sólo con la experiencia y que son producidas por la gente y las instituciones. En buena medida, el manejo de la tecnología implica contar con un conocimiento tácito, no codificado.

<sup>8</sup>El aprendizaje tecnológico puede ser conceptualizado de distintas formas: *Aprendizaje haciendo*: derivado de la experiencia, del hacer; la ejecución de tareas productivas genera una acumulación de conocimientos y habilidades que posibilitan el mejoramiento de dichas tareas en un futuro inmediato (Arrow, 1962). *Aprendizaje usando*: derivado del uso del conocimiento, la mayor difusión y adopción de una tecnología implica un mayor aprendizaje y una mejora de la misma (Rosenberg, 1982). *Aprendizaje por operación*: se deriva de la introducción de cambios, que pueden ser técnicos menores o incrementales, por medio de sistemas de retroalimentación; el aprendizaje puede ser consecuencia del entrenamiento, la contratación y la investigación (Bell y Pavitt, 1995). *Aprendizaje por trato* (Fleck, 1994; Rosenbloom y Cusumano, 1987); *Aprendizaje por interacción* (Lundvall, 1988); *aprendizaje por venta* (Thompson, 1989); *Aprendizaje por apropiación*; *Aprendizaje por relaciones interindustria* (Malerba, 1993); y *Aprendizaje por fracaso* (Bahrami y Evans, 1995).

Sin embargo, la acumulación de conocimiento puede ser un proceso más fácil para las firmas dueñas de sus propias tecnologías y sistemas organizacionales, ya que los límites entre sus actividades no son inflexibles. Por el contrario, cuando las empresas, filiales o establecimientos de la IME pertenecen a grandes corporativos, que son los dueños de dichas tecnologías y de los sistemas organizacionales, como es el caso de la mayoría de las plantas maquiladoras, el proceso de aprendizaje no es tan fácilmente identificable, por lo que entonces se hace necesario contar con otro tipo de mecanismos para codificar y socializar el conocimiento (Villavicencio, 2001; Dutrénit *et al.*, 2001).

Una de las hipótesis iniciales para explicar los procesos de aprendizaje en las empresas, independientemente de si son maquiladoras o no, es que todos los trabajadores se encuentran necesariamente inmersos en algún tipo de proceso de acumulación de conocimiento y en un contexto evolutivo de complejidad productiva (Almaraz y Lara, 2002), por lo que el conocimiento como tal tiende a convertirse en un proceso continuo de aprendizaje. Sin embargo, como muestran los resultados empíricos encontrados en la encuesta aplicada a maquiladoras en el 2002, es importante acotar que aunque existen procesos evolutivos en cada una, esta evolución no es lineal ni se presenta igual en todos los sectores de la IME, ni tampoco se involucra de la misma manera a todos los trabajadores, aun dentro de una misma planta.

Por esta misma razón Bell y Pavitt (1992: 8) argumentan que la capacidad productiva en los países en desarrollo tiene menos posibilidad directa y automática de generar y manejar el cambio técnico. Sin embargo, los autores aceptan que existe algún grado de acumulación de capacidades tecnológicas en estas condiciones debido al crecimiento y

la diversificación industrial.<sup>9</sup> No obstante, el desarrollo de competencias más profundas es limitado cuando la tecnología es incorporada como capacidad productiva a través de *turn-key projects* y por medio de la inversión extranjera directa.

Por su parte, Argyris y Schön (1978) aseveran que no obstante es el individuo una parte esencial de la organización, y es el que adquiere el conocimiento, el proceso de aprendizaje no solamente es el resultado del aprendizaje individual sino también del propio aprendizaje organizacional.<sup>10</sup> De hecho, las empresas y/o firmas<sup>11</sup> aprenden a través de la experiencia y acción de sus miembros. Aun así, se reconoce que existen casos en los que la organización por sí misma acumula menos conocimiento que sus miembros. En ese sentido, Villavicencio (2002: 5-6), aun cuando comparte la idea de que las rutinas constituyen las competencias de una firma, ya que tienen el poder de articular los procesos de aprendizaje que han experimentado diferentes miembros de la firma,<sup>12</sup> puntualiza que deben tomarse en consideración aspectos tales como el estrés, los arreglos y las negociaciones entre los distintos actores que participan en la creación de conocimiento tecnológico, ya que estos elementos implican las formas en que habrá de darse la

<sup>9</sup>La cual no podría haberse logrado de no haber tenido acceso a tecnología de fuentes externas.

<sup>10</sup>Definimos el aprendizaje organizacional como la capacidad de adoptar nuevas y modernas formas de arreglos organizacionales (p. ej., justo a tiempo, cero error, ISO 9000, Six Sigma, etcétera), que tienen un impacto directo en la productividad y competitividad de la empresa y/o firma.

<sup>11</sup>Las firmas suelen abarcar más de un área productiva y todas ellas dependen de una organización compleja que se sintetiza en un centro y en diferentes brazos o subgrupos para su buen funcionamiento; ello, a diferencia de la empresa.

<sup>12</sup>Lo anterior por medio de reglas de operación y patrones de solución a problemas que evidencian las más importantes rutas de acumulación de conocimiento tecnológico y operativo, y que a su vez son los medios para un proceso innovativo.

adaptación y la modificación de las rutinas, y por tanto el conocimiento organizacional. En suma, los aspectos del ambiente laboral serán un elemento decisivo en la manera en que se construyen las capacidades de aprendizaje e innovación de las firmas.

En relación con los distintos niveles de coordinación y entendimiento necesarios para generar el aprendizaje tecnológico, Teece y Pisano (1998) señalan que para generar el proceso de aprendizaje es necesario que se cumplan varias condiciones: primero, habilidades tanto en el nivel organizacional como en el individual, si bien las habilidades individuales son importantes, su valor depende de su uso y en particular del desarrollo organizacional de la empresa;<sup>13</sup> segundo, considerar que el conocimiento organizacional generado a través de la resolución de problemas y el empleo de habilidades produce nuevos patrones de actividad, es decir, *rutinas* y/o una nueva lógica de organización.<sup>14</sup> De esta manera, los patrones de interacción representados por las rutinas se basan, de acuerdo con Teece y Pisano (1998), en un comportamiento de grupo basado en el concepto de capacidades dinámicas y que refiere a un proceso de administración coordinadora que abre la puerta al potencial para el aprendizaje interorganizacional.

Por su parte, Lipshitz y Popper (2000) señalan que no resulta difícil entender que distintas firmas utilicen diferentes mecanismos para promover el aprendizaje en sus plantas. Esto sucede así debido a una compleja estructura

<sup>13</sup>Los procesos de aprendizaje son intrínsecamente sociales y colectivos, y ocurren no solamente a través de la imitación o emulación de otros, sino también por medio del trabajo colectivo para el entendimiento y solución de problemas complejos. El aprendizaje requiere, así, de códigos comunes de comunicación y de procedimientos de búsqueda coordinados (Teece y Pisano, 1998: 200-201).

<sup>14</sup>Las rutinas son patrones de interacción que presentan soluciones exitosas a problemas particulares (Teece y Pisano, 1998: 200-201).

organizacional en la que los miembros de la firma constantemente crean conocimiento. Asimismo, los mecanismos de aprendizaje dependen de estructuras institucionales y arreglos procedimentales que permiten a una determinada firma atraer, analizar, guardar y compartir, así como utilizar, información relevante. Simplificando esta idea, podemos decir que hay mecanismos que son capaces de producir un proceso de conversión de un aprendizaje que puede tener un carácter individual a un aprendizaje disponible para todos los miembros de una organización. Al respecto, Villavicencio (1994a) y Dutrénit (2001) coinciden en que la socialización del conocimiento se realiza mediante mecanismos que están dentro o son parte de la estructura de una firma.

Considerando las diferencias en la base del conocimiento de un individuo, Dosi *et al.* (2000) y Dibella y Nevis (2001) apoyan la idea de que el conocimiento producido por la educación formal, así como el que originan la investigación y el desarrollo son parte fundamental de las capacidades que construye una firma, pero que no todas las capacidades de la firma provienen de esa sola fuente de conocimiento. En muchos casos, el desarrollo de capacidades tecnológicas y normas organizacionales o la innovación de nuevos productos requieren otros mecanismos de aprendizaje, los cuales corresponden y están localizados en diferentes áreas de la estructura organizacional de una firma.

Entre otras formas de entender el aprendizaje se encuentra aquel que en esencia tiene un carácter adaptativo y que ocurre cuando el aprendizaje de una firma es visto como el medio que puede ser adoptado para modificar el ambiente productivo. También el conocimiento puede ser de tipo generativo, cuando una firma promueve su propio aprendizaje, es decir, mediante el desarrollo o transformación interna. En términos de Argyris y Schön (1978), Dibe-

lla y Nevis (2001) y Lipshitz y Popper (2000), ambos tipos de aprendizaje son valiosos y pueden ser tomados como referencia, dependiendo de las condiciones bajo las cuales sean utilizados. Estos autores afirman que la velocidad del aprendizaje es diferente en cada fase de la producción y que incluso el estilo de la administración que sigue una determinada firma también es importante.

Finalmente, hay que insistir en que no todos los procesos de aprendizaje nos llevan necesariamente a los campos de la innovación. Al respecto, Villavicencio (2002) aduce que el análisis del proceso de innovación vinculado al proceso de aprendizaje organizacional requiere tener en cuenta concretamente las condiciones organizacionales necesarias para propiciar el desarrollo innovativo. El autor considera que lo que permite a una firma producir innovaciones como parte del aprendizaje tecnológico son los mecanismos de organización y coordinación de las diversas actividades que ésta realiza, así como las relaciones que la firma tiene con actores externos tales como universidades y otros organismos del entorno.

De acuerdo con lo anterior, una de las principales críticas que se han hecho a la maquiladora en México se encuentra ligada a un cierto reconocimiento de las capacidades de aprendizaje basadas en un proceso adaptativo, pero que es altamente dependiente de las decisiones que surgen de sus centros de control (casa matriz), y por ello ha tendido a desestimarse la contribución de estos establecimientos a la creación de capacidades productivas en las localidades donde se asientan. Pero si consideramos los aportes de Bell y Pavitt acerca de la capacidad de acumular capacidades tecnológicas y organizacionales por medio del incremento de las capacidades productivas de las plantas que integran una firma y lo que plantean Tece y Pisano sobre la im-

portancia del ambiente organizacional, la IME representaría una industria con diversas oportunidades tecnológicas, aunque condicionadas en parte por su inserción en las cadenas globales de producción y/o de compradores.<sup>15</sup>

De igual forma, creemos que se deben analizar los mecanismos para la creación y transmisión de conocimiento tecnológico por el hecho de que son de gran utilidad para entender de manera más concreta la complejidad con que se ha manifestado el proceso de aprendizaje tanto al interior de las empresas o firmas. Consecuentemente, es importante mostrar dónde y cómo el proceso de aprendizaje ha tomado lugar en su forma más dinámica, así como la relación existente entre los niveles individual y colectivo de dicho aprendizaje y finalmente si el tipo de aprendizaje está asociado al desarrollo de nuevas tecnologías. A esta clase de estudios es a la que pertenece el análisis que aquí desarrollamos.

#### La construcción de los niveles de complejidad tecnoproductivos para estudiar a la IME

Para llevar a cabo el análisis de las capacidades de aprendizaje tecnológico y organizacional en este documento se utilizaron dos metodologías. Principalmente se tuvo como principal fuente de información la base de datos obtenida con la encuesta Colef 2002 de 298 casos, la cual fue levantada entre empresas exportadoras que operaban bajo el régimen de maquila en tres ciudades fronterizas: Tijuana, Mexicali y Ciudad Juárez, de las ramas electrónica y de autopartes y proveedoras de ambas, en particular utilizamos la sección correspondiente al "aprendizaje industrial". En nuestro estudio sólo utilizamos 293 casos válidos.

<sup>15</sup> Sobre los tipos de cadenas globales de mercancías véase Gary Gereffi (1994).

Según la metodología de Bell y Pavitt (1992), las empresas pueden ser clasificadas de acuerdo con sus capacidades de aprendizaje tecnológico y organizacional en cuatro niveles: capacidades básicas, capacidades intermedias básicas e intermedias avanzadas, y capacidades avanzadas. Sin duda, el estudio pionero y en el que se han inspirado muchos especialistas,<sup>16</sup> es el realizado por dichos autores, pues ellos desarrollaron un trabajo original en el tema de las capacidades de aprendizaje e innovación en las empresas.

La base conceptual para replicar dicha metodología en la maquiladora, es lo expuesto por los propios autores en el sentido de que aun en los países en desarrollo, las empresas están expuestas a un cierto tipo de desarrollo productivo, resultado de un proceso evolutivo, y si bien no se ubican en la frontera del conocimiento, sí lo hacen en la frontera del proceso productivo. Es decir, coincidimos con Bell y Pavitt (1992) en el sentido de que aun en los eslabones más débiles de la cadena productiva, las organizaciones y los individuos que ahí laboran también aprenden y evolucionan tecnoproductivamente. Estamos convencidas que después de 40 años de funcionamiento de la IME, ésta presenta una evolución que la hace una industria altamente heterogénea en su nivel tecnoproductivo.

Bell y Pavitt (1992) incluyen muchas otras variables para construir sus categorías de capacidades de aprendizaje y de innovación, nosotras sólo reconstruimos a partir de la metodología de estos autores, la evolución tecnoproductiva de las plantas maquiladoras. Para analizar lo que hemos llamado niveles de complejidad tecnoproductiva para la

<sup>16</sup> Otros autores que han utilizado esta metodología son Villavicencio (1994a); Dutrénit (2000); Ariffin y Figueiredo (2004); González (2002); González y Barajas (2004); Barajas, Rodríguez y Almaraz (2006).

IME, se procedió en primer lugar a recodificar<sup>17</sup> una parte importante de aquellas variables que en el cuestionario a establecimientos estuvieron relacionadas con los procesos tecnológicos y organizacionales (véase cuadro 1). Esta discriminación nos permitió construir tres niveles de clasificación para identificar el perfil de los establecimientos de la IME (que en este caso correspondieron a los sectores más dinámicos), sus características y tipo de capacidades tecnológicas y organizacionales. Sin embargo, en nuestro caso, y debido a restricciones en el número de variables para medir con gran detalle la complejidad tecnoproductiva nos limitamos a estudiar únicamente tres grupos de niveles o grados: el básico, el intermedio y el avanzado.<sup>18</sup> En tal sentido fue que se comparó la pertenencia de las plantas maquiladoras a estos tres niveles de complejidad tecnoproductiva (véase cuadro 1). A partir de este seguimiento fue posible aproximarnos al comportamiento de los procesos de aprendizaje tecnológico-organizacional y de escalamiento en la industria electrónica, de autopartes y sus proveedores en las tres ciudades fronterizas mencionadas.

Mediante el uso del programa *SPSS* se construyó una sintaxis que nos permitió establecer la relación de variables que se incorporarían a cada uno de los grupos, para posteriormente correr el programa y obtener como resultado la conformación de tres grupos de complejidad tecnoproductiva, mismos que se explican a continuación.

<sup>17</sup>Se construyeron tablas con valores dicotómicos, es decir se otorgó valores de 0 y 1 a las respuestas negativas y positivas de las variables seleccionadas a fin de homogeneizar la información y poder formar los tres grupos correspondientes a los tres niveles de complejidad tecnoproductiva, nuestra construcción por medio del *SPSS*.

<sup>18</sup>Es pertinente aclarar que pese a su muy escasa representación, el nivel avanzado fue incorporado en el texto a la luz de la taxonomía y el análisis realizado.

#### *Nivel de complejidad tecnoproductivo básico*

Entre las plantas maquiladoras que realizaban exclusivamente actividades productivas clasificadas como básicas se encontraron aquellas que se orientaban en el ensamble simple de partes, componentes y/o productos finales y/o en el empaque de los mismos, las que por su naturaleza se consideraron actividades rutinarias y de baja calificación, es decir, actividades de muy bajo perfil productivo y de escaso desarrollo organizacional. De acuerdo con el cuadro 1, las empresas con un nivel tecnoproductivo básico son aquellas que sólo realizan algunas de estas actividades.

#### *Nivel de complejidad tecnoproductivo intermedio*

En este nivel clasificamos a aquellas plantas maquiladoras que llevaban a cabo actividades de mayor complejidad productiva tales como: el control de calidad, la ingeniería de manufactura, la utilización de certificaciones ISO, entre otras. A esta clasificación correspondieron aquellas plantas que además desarrollaban algunas actividades básicas, también realizan actividades consideradas como intermedias (véase cuadro 1).

#### *Nivel de complejidad tecnoproductivo avanzado*

A este grupo pertenecieron aquellas plantas que además de realizar actividades productivas del nivel básico e intermedio llevaban a cabo actividades del nivel avanzado tales como el diseño de productos y procesos e investigación y desarrollo (véase cuadro 1).

Los resultados del tratamiento estadístico que dimos a los datos, se muestran en el cuadro 2 en donde puede apreciarse la representación de los tres grupos de niveles tecnoproductivos en la industria maquiladora, encontrando

Cuadro 1  
NIVELES DE COMPLEJIDAD TECNOPRODUCTIVA PARA LA IME

Nivel-T (NCT-PB) Donde:  $CT-PB = NCT-PB$  (Indicadores de actividades básicas)

1. Ensamble de partes, componentes o subsensamblés
2. Ensamble de productos terminados
3. Empaque

Nivel Intermedio (NCT-PI) Donde:  $NCT-PI = NCT-PB + NCT-PI$  (Indicadores de actividades intermedias)

1. Manufactura del producto final
2. Fabricación de insumos y componentes
3. Fabricación de herramientas
4. Fabricación de maquinaria y equipo
5. Inserción automática de componentes
6. Inyección de plástico
7. Maquinados
8. Prueba de productos

Nivel avanzado (NCT-PA) Donde:  $NCT-PA = NCT-PB + NCT-PI + NCT-PA$  (Indicadores de actividades avanzadas)

1. Diseño del producto
2. Investigación y desarrollo (I+D)
3. Elaboración de prototipos

Fuente: Elaboración propia con base en los aportes de Bell y Pavitt (1992).

el predominio de dos grupos: el que se caracterizó por tener un nivel tecnoproductivo principalmente básico y que representaron a más de la mitad de las plantas maquinadoras estudiadas (51.5 por ciento), el grupo de las capacidades del nivel intermedio que concentró casi a la otra mitad (45.1 por ciento). En cuanto a las empresas en el nivel avanzado, encontramos una pobre representación (3.4 por ciento),<sup>19</sup> no obstante su baja representación en

<sup>19</sup>Es importante aclarar que esta proporción pudiera ser un poco mayor, debido a que en el momento del levantamiento de la encuesta algunas empresas ya estudiadas por nosotros y reconocidas por su nivel de complejidad productiva avanzada no se incluyeron en la muestra, debido a políticas internas de los corporativos y a la reestructuración que algunas de estas plantas estaban implementando como resultado de la recesión de la economía mundial, particularmente la de Estados Unidos.

el total de la encuesta, su inclusión en el análisis se consideró útil a fin de ejemplificar los cambios ocurridos en la IME, pero sobre todo porque constituyen un grupo que da evidencia sobre un tipo de desarrollo de capacidades más avanzado que ha logrado producirse en la IME.

Cuadro 2  
PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE LOS NIVELES TECNOPRODUCTIVOS

Niveles	Núm. de casos	%
Básicos	151	51.53
Intermedios	132	45.05
Avanzados	10	3.42
Total	293	100

Fuente: El Colef (2002). Proyecto Conacyt núm. 35947-s.

Análisis de la complejidad tecnoproductiva en la IME y su relación con las dimensiones que explican su heterogeneidad

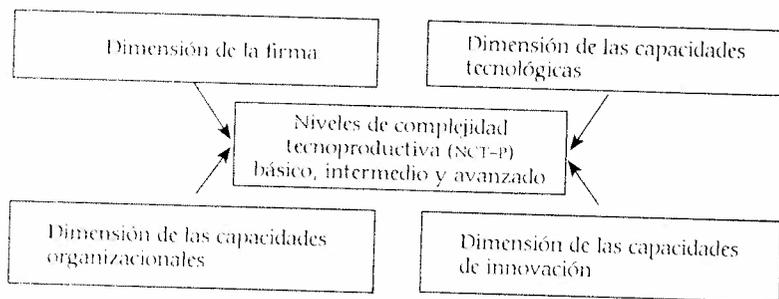
La agrupación de las empresas estudiadas en los distintos niveles de complejidad tecnoproductiva constituye hasta el momento el elemento más importante de nuestro trabajo para captar la heterogeneidad de las empresas de la IME. Sin embargo, el uso de distintas tecnologías, las capacidades de innovación por planta, las capacidades construidas en los sistemas organizacionales y el ambiente de la planta, son dimensiones que permiten incrementar la competitividad por establecimiento en los mercados globales.

En este apartado presentamos un análisis sobre la forma en que la complejidad tecnoproductiva puede variar dependiendo de la influencia que generan las distintas dimensiones en las que se hallan inmersas las maquinadoras. De

acuerdo con las propuestas de Villavicencio (2001-2002), Martínez y Albornoz (1998), Argyris y Schön (1978) y Bell y Pavitt (1992), y como se aprecia en el esquema que se presenta más abajo, creemos de suma importancia considerar: a) la dimensión de la planta; b) la dimensión de las capacidades tecnológicas; c) la dimensión de las capacidades de innovación; y d) la dimensión organizacional.

Con base en esta información podremos estar en condiciones de situar a las empresas en un cierto nivel de complejidad tecnoproductiva, y además realizar una primera evaluación sobre las capacidades que se están desarrollando en cuanto al tipo de aprendizaje tecnológico y organizacional, y al escalamiento que se está desarrollando en los sectores más importantes de la industria maquiladora. En términos metodológicos, este ejercicio integra el análisis de los tres niveles de complejidad tecnoproductiva identificados para la IME, con una serie de variables que dan cuanta de las cuatro dimensiones ya señaladas.

#### DIMENSIONES QUE INCIDEN EN LA CONFIGURACIÓN DE LOS NIVELES DE COMPLEJIDAD TECNOPRODUCTIVOS DE LA IME



Fuente: Elaboración propia con base en los aportes de Villavicencio (1994-2001-2002), Martínez y Albornoz (1998), Argyris y Schön (1978) y Bell y Pavitt (1992).

#### La dimensión de la planta y su impacto en los niveles de complejidad tecnoproductivos en la IME

Para el análisis de la dimensión de la planta se consideraron los siguientes aspectos: 1. el sector al que pertenecen; 2. la clasificación por productos para la rama electrónica; y 3. el origen del capital. Por un lado, debemos recordar que uno de los principales argumentos de la perspectiva evolucionista (Villavicencio, 1994b) es que en la medida en que las empresas van madurando, sus capacidades irán evolucionando paulatinamente y, por otro lado, que en la medida en que una planta vaya acumulando experiencia en la producción y en la comercialización de los productos y de los cambios en su relación con el cliente, entre otros aspectos, también irá adquiriendo mayor complejidad en sus procesos de producción y en sus niveles de organización. Bell y Pavitt (1992) matizan este argumento, pero también le conceden importancia a los procesos evolutivos que se dan en la creación de competencias dentro de las plantas.

Ahora bien, cuando se analiza la incidencia del origen de capital en los niveles de complejidad tecnoproductiva, los resultados arrojan un predominio de la inversión norteamericana en los tres niveles (básico, intermedio y avanzado). De las empresas con complejidad básica destacaron aquellas que operaban con capital norteamericano, con casi 48 por ciento, seguidas por las que operaban con capital asiático, con 27 por ciento, y finalmente estuvieron las de participación mínima, que correspondieron a capitales nacionales y de otros países distintos de Estados Unidos. En tanto, la proporción de capital norteamericano también fue predominante (67 por ciento) en las empresas del nivel intermedio. Aunque encontramos que poco más de 16 por ciento de las que se encontraban en el nivel básico operaban

con capital de origen mexicano. Sin embargo, cabe señalar que en el siguiente nivel de complejidad las empresas nacionales ya no aparecen representadas.<sup>20</sup>

En este sentido, los resultados de la encuesta nos obligan a replantear la idea generalizada de que las empresas de origen asiático son las que mayor complejidad productiva presentan. Aun cuando este grupo representó, en términos relativos, una proporción de 40 por ciento en el nivel de complejidad productiva avanzada, el peso de la inversión asiática en el nivel básico fue de casi 30 por ciento y en el intermedio de 20 por ciento, ya que en ambos casos se colocaron muy por debajo de la inversión norteamericana.

Considerando los niveles de complejidad tecnoproductivos en función de los sectores destacó que la industria electrónica representó 46 por ciento de las plantas en el nivel tecnoproductivo básico, mientras que en los niveles intermedio y avanzado este mismo sector representó 60 por ciento de las empresas, por lo que es claro el predominio de la industria electrónica en los tres niveles tecnoproductivos. En tanto, el sector de las autopartes queda con una menor representación; en el nivel básico este sector constituye casi el 25 por ciento de las plantas, en el nivel intermedio el 21 por ciento, mientras que en el nivel avanzado las autopartes sólo representaron el 10 por ciento. Finalmente, el segmento de los proveedores de la electrónica, en el nivel básico representan al 20 por ciento de las plantas, en el

<sup>20</sup>En un importante número de casos, la inversión mexicana se realiza a través de los programas *shelter*, es decir, por medio de ofrecer la administración de la operación de una planta maquiladora y este esquema organizacional es el que ha venido siendo una estrategia importante para los corporativos, principalmente estadounidenses, quienes se introducen al mercado mexicano inicialmente a través de estos programas y una vez que este mercado es reconocido y que se han creado las competencias locales, se toma la decisión de funcionar bajo su propio corporativo.

nivel intermedio al 9 por ciento, y de la misma manera en el nivel avanzado, este sector constituye el 20 por ciento. En este sentido lo que corroboramos fue el efecto de arrastre que ha venido generando un grupo de empresas de la electrónica que fungen como centros locales de producción y de compradores.

Aunque la encuesta recupera información de los tres productos principales, presentamos los resultados del análisis de la complejidad tecnoproductiva por subsectores, exclusivamente para el caso del principal producto de la electrónica.<sup>21</sup> Encontramos que el subsector de componentes electrónicos pasivos fue el más representativo en los niveles básico e intermedio; el 77 por ciento de las plantas de dicho subsector se concentró en el nivel básico, el 65 por ciento en el nivel intermedio y 60 por ciento en el avanzado. Lo anterior es significativo, ya que según Dicken (1998) el nivel de complejidad tecnológica y organizacional de las firmas electrónicas va en ascenso desde los componentes pasivos al equipo electrónico. En tanto, el subsector de componentes electrónicos activos representó tan sólo 12 por ciento de las plantas en el nivel básico, casi 16 por ciento en el nivel intermedio y un destacable 20 por ciento en el avanzado. Estos resultados constatan lo argumentado por Dicken en relación con los niveles de complejidad tecnológica y organizacional de las distintas subramas de la electrónica. Otros subsectores de importancia son los del equipo electrónico y el de los productos electrónicos de consumo. Sin embargo, su nivel de representación dista mucho del de los componentes electrónicos pasivos y activos.

<sup>21</sup>Con base en la tipología de Dicken (1998), clasificamos los productos de la rama electrónica en cuatro categorías y/o subsectores: 1. electrónicos de consumo; 2. componentes electrónicos pasivos; 3. componentes electrónicos activos; y 4. equipo electrónico.

En síntesis, por mucho tiempo se manejó la hipótesis de que las plantas de la IME más grandes eran las más complejas y que éstas se localizaban en Ciudad Juárez. Pero resulta paradójico que localidades como Mexicali destaquen como asiento de empresas de nivel avanzado considerando que su dinamismo productivo a partir de las maquiladoras es relativamente reciente. En este caso se trata de empresas vinculadas a la producción de aparatos electrónicos (televisores, monitores de computadoras, controles remotos, televisores de pantalla gigante, etcétera), pero sobre todo de aquellas vinculadas a la industria aeronáutica y a las telecomunicaciones.

Con los datos de la muestra nos es posible afirmar que la tendencia en cuanto a los patrones de la concentración geográfica de las empresas más importantes, productivamente hablando, ha dejado de ser tal, y que hay que formular nuevas hipótesis sobre el comportamiento y desarrollo diferencial, que atañe a la evolución de la IME y a sus procesos de aprendizaje.

*Dimensión de las capacidades tecnológicas y su relación con los niveles de complejidad tecnoproductivos en la IME*

La dimensión de capacidades tecnológicas permite establecer las principales similitudes y diferencias entre las empresas y/o plantas. Se parte para ello de ubicar las características tecnológicas que están determinadas por el tipo de maquinaria y equipo que las empresas y/o plantas incorporan en sus procesos productivos, así como el grado de inversión que por planta se hace en estos rubros. Por la forma en que se construyeron los datos sobre tecnología, nos fue difícil replicar el análisis para los niveles tecnoproductivos, por lo que sólo se utilizan promedios.

En el apartado anterior mencionamos reiteradamente la condición heterogénea de la IME. Esta percepción se refuerza cuando se analizan algunos indicadores que dan cuenta de las disponibilidades con que tecnológicamente cuenta cada planta: Por ejemplo, el 40 por ciento de las empresas estudiadas cuenta con algún grado de automatización en su proceso de producción, pero son altamente heterogéneas: en promedio, cada planta y/o empresa cuenta con 24.4 máquinas programables, 9.3 máquinas de prueba automatizada, apenas 4.7 robots (sean brazos o unidades completas), 4.5 máquinas cortadoras, 3.3 máquinas de embobinado automático, 3.1 equipos programables para traslado de materiales y, finalmente, 2.0 máquinas soldadoras de ola. Es decir, en estas empresas se encuentra un uso bastante extendido de máquinas programables y de prueba y se advierte una tendencia en ellas a desarrollar importantes esfuerzos por integrar tecnologías avanzadas en sus procesos productivos.

Con objeto de ubicar los distintos tipos de tecnología que se utilizan en la IME, los siguientes hallazgos pueden ser de gran utilidad. Debido a que no es un solo tipo de tecnología el que predomina en las empresas, lo que se encontró fue que el 72 por ciento de las plantas utiliza la tecnología mecánica en sus procesos productivos, a la vez que sólo el 41 por ciento de ellas utiliza la tecnología hidráulica y poco más del 74 por ciento la electrónica, y solamente el 11 por ciento la neumática. Al hacer un cruce de variables considerando las tecnologías con mayor peso (electrónica y mecánica), se encontró que el 51 por ciento usan ambas; mientras que las empresas que utilizan las tecnologías mecánica e hidráulica corresponden al 36 por ciento, y entre las empresas que utilizan la electrónica junto con la hidráulica, el porcentaje disminuye a 28 por ciento.

Otra variable que es determinante en la dimensión tecnológica corresponde a los destinos que las empresas hacen de sus montos anuales de inversión. En promedio, lo que se encontró fue que cada empresa invirtió 3'654,533 dólares en 2001; de dicha inversión cada empresa aplicó en promedio el 48 por ciento en la adquisición de maquinaria y equipo, lo cual es un porcentaje altamente significativo.

Uno de los cambios que se ha venido observando al interior de la IME es la creciente incorporación de las llamadas tecnologías de punta. De los 293 casos estudiados, encontramos que casi el 56 por ciento incluye en sus procesos productivos algún tipo de tecnología de punta; las diferencias se podrán advertir una vez que realicemos el análisis por nivel, lo cual nos permitirá demostrar lo señalado por Bell y Pavitt (1992) respecto a que no necesariamente toda complejidad productiva se convierte en capacidad tecnológica.

Resulta interesante, entonces, observar la distribución del uso de tecnologías de punta por ciudad. Por ejemplo, en Tijuana se concentró el 43 por ciento de las plantas que utilizaban algún tipo de tecnología de punta, seguida por Ciudad Juárez, que alcanza 37 por ciento,<sup>22</sup> mientras que Mexicali apenas participó con 20 por ciento. Estos datos resultan significativos en la medida que muestran la presencia de tecnologías de vanguardia en las plantas maquiladoras de estas ciudades de la frontera norte, donde el tipo de industria es mayoritariamente transnacional y ha operado bajo el supuesto de que sólo concentra procesos productivos de baja base tecnológica.

<sup>22</sup>Esto, a pesar de que Ciudad Juárez cuenta con niveles de complejidad tecnoproductiva avanzada menores que los de Mexicali y Tijuana.

Otro elemento importante en esta caracterización tecnológica de las plantas fue la relación que existe entre el uso de tecnologías de punta y el origen del capital de las empresas que las utilizan. En este caso, se encontró que 55 por ciento de las empresas que utilizan tecnología de punta son de origen estadounidense y casi 30 por ciento de origen asiático, mientras que sólo 8 por ciento de las plantas que incorporan algún tipo de tecnología de punta opera con capital nacional. Esto nos muestra nuevamente un resultado opuesto a la percepción bastante generalizada de que son principalmente las empresas de capital asiático las que están incorporando el mayor número de tecnologías avanzadas o de punta en sus procesos de producción.

Por su parte, al relacionar el uso de algún tipo de tecnología de punta con el tamaño de las plantas maquiladoras, encontramos que 55 por ciento de ellas correspondió al grupo de los establecimientos más "grandes" (con más de 500 empleados), lo cual resulta lógico. Lo relevante aquí es que el 26 por ciento de las plantas pequeñas igualmente utilizaban tecnologías de punta, mientras las medianas que empleaban algún tipo de tecnología de punta representaban sólo el 16 por ciento. Del mismo modo, lo anterior fue un tanto contrario a lo que se habría esperado, respecto a que el tamaño de empresa representó una limitante para el uso y disponibilidad de tecnologías cada vez más avanzadas, y por otra parte, nos mostró el importante nivel de especialización y flexibilidad que han alcanzado las plantas maquiladoras de menor tamaño. No obstante, es importante ocuparse del sector al que corresponden dichas empresas.

Hay que señalar, por tanto, que en términos del sector, el 52 por ciento de las empresas que incorporaban en sus procesos productivos algún equipo de tecnología de pun-

ta eran del electrónico, en contraste con el 25 por ciento del sector de las autopartes y el 16 por ciento de proveedores de la electrónica. En tanto, en los subsectores de la electrónica el 56 por ciento de las empresas que usaban tecnología de punta correspondieron a las que producían y/o ensamblaban componentes pasivos y 16 por ciento a las que producían y/o ensamblaban componentes activos. El hallazgo sobre una importante incorporación de tecnología de punta en el subsector de los componentes pasivos podría parecer contradictorio de lo señalado por Dicken en relación con el bajo contenido tecnológico de los productos del subsector de componentes pasivos. Sin embargo, ello puede ser parte de los cambios que conllevan las nuevas fuentes de competitividad a nivel global. A la vez que este hallazgo puede significar que las empresas que pertenecen a la IME en esta región han logrado dar un salto tecnológico importante desarrollando un modelo industrial basado en la conformación de *clusters* como el del televisor y el de las computadoras personales, cuya incorporación de componentes pasivos ha sido ampliamente diversificado, además de que ambos productos son considerados y reconocidos en el mundo como los dos segmentos de mercado más vanguardistas en el uso de tecnología de punta.

*Dimensión de las capacidades de innovación y su impacto en los niveles de complejidad tecnoproductivos en la IME*

Después de haber esbozado la dimensión de las capacidades tecnológicas de las empresas estudiadas, creemos conveniente aproximarnos a la dimensión de las capacidades de innovación y su incidencia en los niveles de complejidad tecnoproductiva. Las variables que se analizaron para comprender esta dimensión fueron aquellas que se relacionaban

con: a) el acceso tanto a las tecnologías de producto como a las de proceso; b) el tipo de maquinaria y equipo; c) los niveles de automatización; d) los segmentos del proceso productivo que concentraban el mayor nivel de automatización; e) así como los niveles de inversión en maquinaria y equipo; y f) el uso de tecnologías de punta.

Creemos que un aspecto relevante para entender la dimensión de las capacidades de innovación desarrolladas por las plantas maquiladoras es la forma en que dichas empresas acceden tanto a la tecnología de los productos como a la tecnología de los procesos (véanse cuadros 3 y 3-A). Por lo que, a continuación presentamos, en orden a su importancia, las distintas formas en que las empresas estudiadas acceden a ellas. Para el 75 por ciento de las empresas la asesoría corporativa fue la modalidad por la cual adquieren la tecnología de producto y para casi el 70 por ciento de las maquiladoras ésta fue la vía por la que también atraían la tecnología de proceso. Como puede apreciarse, sigue confirmándose la estrecha relación que aún sostienen las empresas filiales con su matriz y con ello se refuerza la hipótesis de que existe una *autonomía relativa* de las empresas subsidiarias respecto de sus corporativos. Es decir, en el sentido de lo planteado por Barajas (2000), esta autonomía relativa significa que las subsidiarias de los grandes corporativos tienen un cierto margen para tomar decisiones respecto a cambios en los procesos productivos, a la incorporación de determinada maquinaria y en cuanto a introducir pequeñas innovaciones en productos y procesos que hacen a la firma en general más competitivos. Sin embargo, está claro que estas empresas se encuentran aún lejos de ser estructuralmente independientes.

Cuadro 3  
FORMAS DE ADQUISICIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE PROCESO  
EN LAS MAQUILADORAS, SEGÚN NCT-P

Formas	Niveles de complejidad (%)		
	Básico	Intermedio	Avanzado
Por imitación o copia	46.6	36.8	50.0
Por aprendizaje interno	67.8	77.8	80.0
Por asesoría del corporativo	70.9	77.8	80.0
Por asesoría de los vendedores de equipo	45.9	61.1	40.0
Por contratos tecnológicos, licencias y patentes	17.1	31.7	40.0

Fuente: *Idem.*

Cuadro 3-A  
FORMAS DE ADQUISICIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE PROCESO  
EN LAS MAQUILADORAS, SEGÚN NCT-P

Formas	Niveles de complejidad (%)		
	Básico	Intermedio	Avanzado
Por imitación o copia	44.4	33.6	40.0
Por aprendizaje interno	57.6	61.6	70.0
Por asesoría del corporativo	77.1	84.0	70.0
Por asesoría de los vendedores de equipo	37.1	41.6	40.0
Por contratos tecnológicos, licencias y patentes	25.2	32.3	70.0

Fuente: *Idem.*

Los nexos que aún mantienen las plantas maquiladoras con su matriz son todavía muy fuertes y el tipo de tecnología que utilizan las primeras depende, hoy por hoy, de su relación con la matriz y del lugar que ocupan las filiales en México en las cadenas globales de producción, de las que son solamente un eslabón. Sin embargo, tampo-

co deben soslayarse los procesos de aprendizaje ocurridos fuera de la empresa matriz. En poco más del 57 por ciento de las maquiladoras estudiadas la decisión sobre el tipo de tecnologías de producto utilizadas fue resultado de un proceso de aprendizaje interno, es decir, que tuvo lugar en las propias instalaciones de la empresa y no en el corporativo o en alguna otra filial de éste. Además, este fue un comportamiento que representa una forma de dar continuidad a la adquisición de tecnología que se incrementa para el caso de las tecnologías de proceso. Por ejemplo, el 70 por ciento de las empresas afirmó que los procesos de aprendizaje interno influían de manera determinante para decidir las nuevas tecnologías del proceso, ya que en la medida en que el personal vinculado a dichos procesos se encontraba más capacitado, podrían generarse nuevas sendas en los procesos productivos de la planta e incluso de la firma. Por lo tanto, una de las hipótesis formuladas en la realización de este capítulo se ha corroborado.

Las empresas participan en un proceso de cambio constante y evolucionan a niveles superiores mediante el aprendizaje continuo que van adquiriendo y desarrollando por medio de la interacción de todos los individuos al interior de las plantas sin importar, hasta cierto grado, los niveles jerárquicos de la organización. Para quienes realizamos este trabajo, lo anterior podría considerarse un hallazgo relevante en la medida que, desde una perspectiva más amplia, existen distintos niveles de sofisticación sobre las formas en que las plantas maquiladoras están recurriendo a distintas estrategias e instrumentando diversos mecanismos para dotarse de tecnologías, sean de punta o no y relativas tanto a los productos como a los procesos.

Sin embargo, otro medio importante para acceder a la tecnología (de producto o de proceso) es la imitación o

copia. Casi el 38 por ciento de las empresas afirmó que los mecanismos de adquisición de tecnología de producto eran llevados a cabo por esta vía. Esto significó que una gran parte del aprendizaje tecnológico provenía de mecanismos como aprender usando (*learning by using*), que no es sino un aprendizaje propiciado por el uso cotidiano de herramientas y equipos de trabajo en la realización de tareas y rutinas, pues a una mayor difusión y adopción de una tecnología, también el aprendizaje es mayor y la mejora es inmediata y/o continua.

Esta tendencia se sostuvo de igual forma para el caso de las tecnologías de proceso como para el caso de la adquisición de tecnologías de producto. Cerca de 41 por ciento de las plantas imitaban o copiaban tecnologías e implícitamente desarrollaron capacidades de aprendizaje que podían redundar en innovación tecnológica,<sup>23</sup> como lo señalaran Bell y Pavitt. Finalmente, las empresas que combinaron ambos mecanismos representaron un importante 32 por ciento.

Otro de los elementos que es determinante para entender el aprendizaje tecnológico en la IME es la asesoría brindada por los vendedores de equipo (casi el 37 por ciento de las empresas así lo manifestó). Este dato es relevante en la medida que más de un tercio de las plantas mantuvo una relación estrecha con los proveedores de equipo, y ello se ha logrado extender al ámbito de la transferencia tecnológica, lo que implica que un aprendizaje codificado puede traducirse posteriormente en un aprendizaje por uso. Este comportamiento bien podría indicar la existencia de mayores y más estrechos vínculos en las redes entre empresas, los cuales

<sup>23</sup> En diversas entrevistas (especialmente, en un corporativo coreano) pudo advertirse que estos procesos de innovación incremental eran cotidianos y que las organizaciones contaban con los mecanismos necesarios para apropiarse e internalizar dichas innovaciones.

se vienen estableciendo entre las maquiladoras y los productores de maquinaria y equipo para crear conocimiento tecnológico, ya que pueden detonar en mecanismos generativos de conocimiento tecnológico e innovar.

Por el lado de la adquisición de la tecnología de proceso, el porcentaje fue incluso superior al del producto, ya que una de cada dos empresas utilizaba la asesoría de los vendedores de equipo, lo cual permitió confirmar que, en efecto, las formas mediante las que las empresas se han nutrido de medios tecnológicos para funcionar competitivamente, han evolucionado con el desarrollo de vínculos más estrechos entre empresas y proveedores. Por ello, se sugiere estudiar a profundidad todas las características de la relación con proveedores de equipo tratando de encontrar cuál es el sentido de tal reciprocidad.

Finalmente, otro de los mecanismos importantes para adquirir tecnología fueron los contratos tecnológicos, así como las licencias y la generación de patentes. Es particularmente relevante que el 25 por ciento de las plantas del nivel básico, el 32 por ciento del nivel intermedio y 70 por ciento de las plantas del nivel avanzado declararon que los contratos tecnológicos, las licencias y patentes era una de sus principales fuentes de adquisición de tecnologías de producto. Esto confirma lo sostenido al inicio del trabajo en el sentido de que en los últimos años ha habido un escalamiento en el sector de la IME en cuanto al uso de tecnologías se refiere, ya que cerca de un tercio de las tecnologías de producto y poco más de un quinto de las de proceso están siendo transferidas bajo esta categoría de contratos tecnológicos. Ello puede estar respondiendo a un nuevo contexto en el que operan las grandes firmas, ya que la transferencia tecnológica y su uso es un fenómeno asociado también a

las nuevas formas de operación de las grandes transnacionales en el contexto de la economía global.

En relación con el nivel de automatización alcanzado por las plantas maquiladoras, en el cuadro 4 se pueden observar seis indicadores que reflejan el incremento en la automatización en los tres años anteriores a la aplicación de la encuesta. Aquí encontramos un incremento gradual y creciente en la automatización conforme se avanza de la complejidad básica e intermedia a la avanzada. Con base en lo anterior, se apoya la hipótesis de que mientras más avanzadas, tecnoproductivamente, son las plantas maquiladoras, más altos son sus niveles de automatización. Al menos eso muestra el hecho de que el incremento en la automatización general de las empresas fue de 54 por ciento en el nivel básico, 60 por ciento en el intermedio, y del 80 por ciento en el nivel avanzado.

Cuadro 4  
INDICADORES DE INCREMENTOS  
DE AUTOMATIZACIÓN

Tipo de automatización tres años antes a la encuesta	Niveles de complejidad (%)		
	Básico	Intermedio	Avanzado
Incremento de automatización general	54.1	60.3	80.0
Incremento de automatización en inspección de calidad	56.8	64.6	60.0
Incremento de automatización de la secuencia de producción	57.1	69.3	80.0
Incremento de la automatización de los sistemas de información	73.6	78.0	90.0
Incremento de automatización en puestos de trabajo	44.6	55.1	80.0
Incremento de automatización en manejo de materiales	47.3	47.2	60.0

Fuente: *Idem*.

En el caso de los sistemas de información, el incremento en la automatización fue de 74 por ciento en las empresas del nivel básico, mientras que para el resto de los indicadores, tal y como se observa en el cuadro 4, los porcentajes sobre incremento en automatización en el mismo nivel básico van casi del 45 al 57 por ciento, que no dejan de ser importantes. Asimismo, para el nivel intermedio el incremento en la automatización de los sistemas de información fue del 78 por ciento, mientras que el nivel avanzado fue del 90 por ciento. Si consideramos que más del 40 por ciento de las maquiladoras participantes en el estudio correspondieron a un nivel tecnoproductivo intermedio, entonces podemos afirmar que existe una gran difusión de la automatización en los distintos sistemas de información utilizados por la IME (logística para adquisición de insumos, control de inventarios, secuencias del proceso, etcétera).

De igual manera, el 69 por ciento de las empresas maquiladoras en el nivel intermedio incrementaron la automatización en su secuencia productiva. Y también en este rubro el nivel avanzado alcanzó un importante 80 por ciento. En tanto, el incremento en la automatización del manejo de materiales y en puestos de trabajo fue menor en este grupo del nivel intermedio, con el 47 y el 55 por ciento, respectivamente. Fue el nivel avanzado donde se presentaron los más altos porcentajes, 80 y 60 por ciento, correspondientemente. Estos resultados muestran un patrón distintivo y creciente para cada nivel de complejidad, a la vez que revelan la existencia de un proceso también creciente de escalamiento industrial en la IME, que se refleja en un incremento sustantivo en la automatización de los distintos procesos. Junto a lo anterior, un indicador que resulta un tanto sorprendente fue el relativo a los niveles de automatización en la producción.

El cuadro 5 presenta cuatro rangos de automatización y en él se destaca el hecho de que para 41 por ciento de las plantas del nivel básico sólo tenían automatizados los procesos productivos en un rango de 1 a 25 por ciento; casi el 19 por ciento de las mismas plantas del nivel básico dijeron contar con un nivel de automatización de entre el 76 y el 100 por ciento, lo cual no deja de ser alto para una complejidad tecnoproductiva básica. Sin embargo, también resultó significativo que 36 por ciento de las empresas en este nivel básico contaban con un nivel de automatización en su proceso de producción mayor al 50 por ciento.

Cuadro 5  
NIVELES DE AUTOMATIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Automatización (%)	Niveles de complejidad		
	Básico	Intermedio	Avanzado
1 al 25	41.4	36.1	50.0
26 al 50	21.8	28.7	30.0
51 al 75	18.0	18.8	10.0
76 al 100	18.8	16.4	10.0
Total	100.0	100.0	100.0

Fuente: *Idem*.

Por su parte, el comportamiento de las plantas maquiladoras del nivel intermedio resultó un tanto paradójico, toda vez que el 36 por ciento de tales empresas sólo tenía automatizada su producción entre el 1 y el 25 por ciento, aunque resalta el hecho de que casi el 29 por ciento de las mismas cuenta con un grado de automatización de entre el 26 y el 50 por ciento. Cabe también señalar que se detectó una proporción muy similar en los rangos de automatización del 50 al 100 por ciento. En tanto, en el caso del nivel

avanzado, aún y cuando sabemos que el número de empresas de este nivel no rebasa un total de 10 casos, el 50 por ciento de ellas presentan un grado de automatización entre 1 y 25 por ciento; y el 30 por ciento de las mismas tiene un nivel de automatización de entre 26 y 50 por ciento; sin embargo, estos porcentajes caen abruptamente al 20 por ciento para aquellas empresas que en este nivel avanzado cuentan con un nivel de automatización de entre 51 y 100 por ciento.

Estos datos reafirman nuestra hipótesis sobre la gran heterogeneidad de estas empresas de la IME. No obstante, no podemos desestimar que un atractivo para los grandes corporativos globales al trasladar y relocalizar a lo largo de la frontera norte estos segmentos del proceso productivo, de productos y subdivisiones sigue siendo la amplia disponibilidad de mano de obra de baja calificación, de ahí que la automatización *per se* no sea del mayor interés ni la prioridad para dichos corporativos. Es por ello que los hallazgos sobre la automatización no dejan de ser relevantes.

Otro indicador útil para caracterizar las capacidades tecnológicas de las unidades económicas en estudio es el tipo de maquinaria y equipo utilizado. En cuanto a las tecnologías utilizadas con mayor frecuencia (véase cuadro 6),<sup>24</sup> las máquinas programables y las máquinas de prueba automatizada son empleadas por el 67 por ciento y casi el 62 por ciento de las maquiladoras de nivel básico, respectivamente. Y en lo que se refiere a robots, máquinas para traslado de materiales y máquinas cortadoras, fueron mucho menos utilizados por las maquiladoras del nivel básico,

<sup>24</sup>Cada variable en el cuadro debe leerse de manera independiente y registra el porcentaje de incorporación de cada una de estas tecnologías por nivel de complejidad tecnoproductiva.

lo que significa que en este nivel de complejidad hay poca incorporación de tecnologías con base electrónica.

Cuadro 6  
CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE MAQUINARIA Y EQUIPO UTILIZADO

Tipo	Niveles de complejidad (%)		
	Básico	Intermedio	Avanzado
Máquinas programables	67.4	88.1	88.9
Robots	22.4	39.8	66.7
Máquinas p. traslado de materiales	24.8	37.6	11.1
Máquina soldadora de ola	24.8	37.6	11.1
Embobinado automático	30.6	43.8	44.4
Máquinas cortadoras	21.4	35.1	44.4
Máquinas de prueba automatizadas	61.8	65.8	66.7

Fuente: *Idem*.

En relación con el nivel de complejidad intermedio, se advirtió un salto importante en el porcentaje de plantas que utilizaban las distintas tecnologías que se enumeran en el cuadro de referencia.

Resulta destacable que 88 por ciento de las empresas de esta categoría utilizaba máquinas programables, lo cual fue un indicador que se trata de una tecnología bastante estandarizada entre este tipo de plantas, y llama también la atención que casi 66 por ciento de las mismas contaba en su inventario tecnológico con máquinas de prueba automatizada y, lo que es más sorprendente, que el 40 por ciento de ellas poseía robots en su acervo tecnológico. Sin duda, en este nivel intermedio el acceso a tecnologías de base electrónica y microelectrónica es importante. Si consideramos que en este grupo se concentraba poco más del 45 por ciento de nuestra muestra de plantas, el hecho es aún más destacable. Igualmente ilustrativo fue el nivel avanzado donde el 89 por

ciento de las plantas contaba con máquinas programables; un porcentaje semejante de las plantas avanzadas poseía tanto robots como máquinas de prueba automatizadas siendo dicha representación cercana al 67 por ciento. Significativo también fue que en poco más del 44 por ciento de las plantas de este mismo nivel se contaba con el embobinado automático y con máquinas cortadoras.

Junto a la caracterización del tipo de maquinaria y equipo utilizado en las plantas resulta pertinente señalar otro dato interesante por sí mismo. Al realizar un cruce entre los niveles tecnoproductivos con el variable uso de tecnologías de punta,<sup>25</sup> los resultados fueron que casi el 52 por ciento de las empresas del nivel básico, casi 59 por ciento de las del intermedio y el 90 por ciento de las plantas del nivel avanzado declararon utilizar tecnologías de punta. Como en el caso del resto de las variables, este resultado es consistente con el grado de complejidad tecnológica y el nivel de complejidad tecnoproductiva de las plantas.

Por un lado, los resultados analizados nos permiten concluir, entonces, que la metodología utilizada para definir los niveles de complejidad tecnoproductiva resulta apropiada para identificar capacidades tecnológicas y de innovación, y por consiguiente, nos da confiabilidad para hacer algunos planteamientos sobre las capacidades de innovación y procesos de aprendizaje tecnológico en las plantas maquinadoras.

<sup>25</sup>Las cuales, cabe mencionar, fueron corroboradas con la asistencia de un ingeniero industrial. A manera de ejemplificación, una de las preguntas de la encuesta recoge el nombre de dichas tecnologías, entre las cuales destacan las siguientes: equipo SMD para colocar componentes, (SMT) Montado superficial, acceso de control, equipo PLC y TOUCHME, CNC Control numérico, Digital Image, SMD Análisis; Corte de dado (microchips, corte, ensamblado, montaje), equipo computarizado (embobinadores y equipo que requiere PLC, y embobinadoras automáticas y equipo de inyección), entre otras.

Por otro lado, el análisis de los porcentajes de inversión registrados en los tres años anteriores a la aplicación de la encuesta mencionada resulta útil para analizar los cambios en el tipo de crecimiento y desarrollo de capacidades tecnológicas de las plantas maquiladoras. En tal sentido, el cuadro 7 muestra el grado de inversión por rangos. En el nivel básico llama la atención que las empresas que no realizaron inversión en maquinaria y equipo sólo representaban el 16 por ciento, mientras que 20 por ciento de las mismas sí tuvo una inversión en este rubro hasta de 25 por ciento. Sin embargo, lo más sobresaliente es que poco más de 41 por ciento de las empresas de este mismo grupo destinaron entre el 76 y el 100 por ciento de su inversión a la adquisición de maquinaria y equipo, lo cual es un porcentaje bastante alto aunque los montos no lo hayan sido.

Cuadro 7  
NIVELES DE INVERSIÓN EN MAQUINARIA Y EQUIPO

Rangos de inversión	Niveles de complejidad (%)		
	Básico	Intermedio	Avanzado
0	15.5	21.6	12.5
1 al 25	20.4	23.7	0.0
26 al 50	10.7	14.4	50.0
51 al 75	11.7	10.3	0.0
76 al 100	41.7	29.9	37.5

Fuente: *Idem.*

De las empresas clasificadas en el nivel de complejidad intermedia, encontramos que casi el 22 por ciento no realizó ninguna inversión en maquinaria y equipo los tres años anteriores a la aplicación de la encuesta, lo que no deja de ser relevante, en tanto que las del nivel avanzado sólo poco

más del 12 por ciento realizaron inversión. También llama la atención que alrededor del 25 por ciento de las plantas invirtió entre el 26 y el 75 por ciento en el rubro de maquinaria y equipo. Asimismo, se detectó que cerca del 30 por ciento de las maquiladoras del nivel intermedio utilizó entre el 76 y el 100 por ciento de sus recursos en el mismo rubro. Aquí encontramos una marcada heterogeneidad que podría estar influida por la antigüedad de las empresas y por el subsector en el que se ubican. Mientras tanto, el 50 por ciento de las plantas del nivel avanzado realizaron una inversión en maquinaria y equipo en un rango del 26 al 50 por ciento, y casi un 38 por ciento de las plantas en este mismo nivel invirtieron entre el 76 y el 100 por ciento. Reiteramos que dada la baja representatividad de este grupo, los datos sólo pueden ser considerados un mero referente y no pueden ser tomados como resultados generalizables y concluyentes.

Al indagar sobre la calificación que las empresas otorgaron a las tecnologías con las que contaban, los resultados fueron bastante interesantes. Para el 48 por ciento de las empresas del nivel tecnoproductivo básico, sus tecnologías base son comparables con las mejores de su tipo en el mundo; en tanto que casi 42 por ciento las calificó con una antigüedad de entre uno y cinco años, y sólo 11 por ciento de las plantas consideró que la tecnología que utilizaban tenía entre seis y 10 años de atraso.

De las empresas que se clasificaron en el nivel intermedio casi 42 por ciento consideró que su tecnología era comparable con la mejor y 46 por ciento que tenía una antigüedad de entre uno y cinco años, pero 11 por ciento opinó que la antigüedad era de entre seis y 10 años.

En términos generales, podemos afirmar que, independientemente del nivel de complejidad tecnoproductivo en el que se encuentra una empresa, las plantas maquiladoras

tienden a manifestar que sus tecnologías no son tan atrasadas en relación con las más avanzadas que existen. Por ejemplo, en promedio 40 por ciento de las empresas estudiadas calificaron su tecnología comparable con la mejor de su tipo. Y también en un rango similar, las empresas, independientemente de su nivel tecnoproductivo, coincidieron en la antigüedad de sus tecnologías. Por lo que para identificar las innovaciones dentro de las plantas y el posible escalamiento ocurrido, agregamos nuevas variables para mostrar la frecuencia y las áreas donde ocurren con mayor frecuencia innovaciones en las maquiladoras (véase cuadro 8). Estas áreas donde ocurren innovaciones son las siguientes: 1. en los equipos; 2. en los procesos; 3. en los productos; y 4. en los sistemas de información.

En relación con los equipos, se tiene que ocurren innovaciones en un 26 por ciento de las maquiladoras del nivel básico, y para el nivel intermedio este porcentaje es ligeramente superior a los 41 puntos porcentuales. En tanto que en las empresas del nivel avanzado este porcentaje aunque cae ligeramente respecto de las plantas del nivel intermedio, no deja de ser significativo ya que alcanza un 40 por ciento; lo sobresaliente en el caso de los equipos es que hay un avance en las innovaciones que es creciente y que se mantiene.

Cuadro 8  
DIMENSIONES DONDE OCURREN INNOVACIONES

Áreas	Niveles de complejidad (%)		
	Básico	Intermedio	Avanzado
En los equipos	26.5	41.2	40.0
En el proceso	40.1	46.6	60.0
En los productos	26.0	32.1	50.0
En los sistemas de información	39.0	40.3	60.0

Fuente: *Idem*.

En el caso de los procesos las innovaciones en el nivel tecnoproductivo básico ocurren en un 40 por ciento, mientras que en el nivel intermedio alcanzan casi un 47 por ciento; y ya en el nivel avanzado logra un porcentaje del 60 por ciento, en consecuencia, es posible afirmar que en la dimensión de los procesos, los cambios incrementales en los tres niveles considerados son de suma importancia ya que son crecientes conforme se avanza de nivel.

En cuanto a los productos, las innovaciones en las plantas maquiladoras de nivel básico son de apenas 26 por ciento, mientras en el intermedio representan el 32 por ciento, en tanto que en el nivel avanzado se sitúa en un importante 50 por ciento; si bien, y como se aprecia en el cuadro 8, de las dimensiones consideradas, en los productos es donde ocurren las menores innovaciones, lo cual es entendible toda vez que los productos se siguen diseñando en su mayoría en el corporativo. Entonces, no es un asunto menor que en el nivel de complejidad avanzada estas innovaciones se den en un porcentaje del 50 por ciento, ya que fortalece la idea acerca de que, en efecto, se ha suscitado un proceso de escalamiento importante en la IME, aunque se caracterice por haber ocurrido en dimensiones específicas y esté lejos de ser un escalamiento generalizado y homogéneo.

En contraste, la innovación en los sistemas de información en el nivel tecnoproductivo básico es de 39 por ciento, en tanto que en el nivel intermedio la frecuencia de las innovaciones es del 40 por ciento, y de nueva cuenta el nivel avanzado alcanza los 60 puntos porcentuales. Esto podría estar relacionado con el tamaño de las plantas y con el hecho de que estas empresas aún dependen de las decisiones del corporativo al que pertenecen en materia de inversión y financiamiento, pues solamente las grandes empresas están en condiciones de destinar recursos para mantenerse al día en materia de sistemas de información (ERP, SPA, etcétera).

### La dimensión de las capacidades organizacionales

Para completar nuestro análisis presentamos los hallazgos respecto de la cuarta dimensión: las capacidades organizacionales y el tipo de relación o impacto en cada uno de los niveles de complejidad tecnoproductiva de las plantas maquiladoras. Para ello se consideró que las variables a considerar en la dimensión sobre capacidades organizacionales deberían ser agrupadas de acuerdo con los siguientes campos o áreas: a) organización departamental; b) injerencia del personal de las maquiladoras; c) especialización de equipos de trabajo dentro de la IME; y d) certificaciones de las firmas.

Cuadro 9  
NCT-P Y ORGANIZACIÓN DEPARTAMENTAL

	NCT-P		
	Básico	Intermedio	Avanzado
<i>Organización básica general</i>			
Capacitación	62.3	76.7	80
Mantenimiento	90.7	96.1	100
Producción	97.4	100	100
Promedios	83.46	90.93	93.33
<i>Organización tipo intermedio</i>			
Compras	74.8	86.8	100
Control de calidad	91.4	100	100
Control ambiental	55	70.5	90
Sistemas de información	53	75.2	100
Promedios	68.55	83.12	97.5
<i>Organización tipo avanzado</i>			
Asuntos gubernamentales	49	45.7	30
Mercadotecnia y/o asistencia al cliente	34.4	27.9	40
Planeación estratégica	36.4	42.6	70
Ingeniería del producto	72.2	86	80
Diseño	21.9	31	50
Desarrollo del producto	15.9	28.7	30
Promedios	38.3	43.65	45.5

Fuente: *Idem.*

El cuadro 9 muestra la relación existente entre el desarrollo organizacional de las plantas a través de sus departamentos y sus niveles tecnoproductivos. En términos generales, podemos señalar que existió un nivel de consistencia importante entre el nivel tecnoproductivo y el grado de desarrollo de la organización departamental. Si observamos los datos promedio encontramos que 83 por ciento de las plantas del nivel básico, 91 por ciento del nivel intermedio y 93 por ciento de las empresas del nivel avanzado resultaron contar con al menos un nivel de organización considerada como básica (es decir, que incluye el contar con departamentos de capacitación, mantenimiento y producción). Adicionalmente, se encontró que de manera correspondiente el 68, 83 y 97 por ciento de las empresas del nivel básico, intermedio y avanzado manifestaron contar también con un nivel de organización intermedio (el cual incluye contar con departamentos como el de compras, control de calidad, control ambiental y sistemas de información). Y finalmente, son mucho menos las plantas maquiladoras que también contaban, al momento de aplicar la encuesta, con un nivel tecnoproductivo avanzado. Recurriendo a la misma base de promedios, estos promedios correspondieron al 38 por ciento de las empresas del nivel básico, al 44 por ciento del nivel intermedio y al 45 por ciento del nivel avanzado (siendo los departamentos que entraron en esta categoría el de asuntos gubernamentales, mercadotecnia, planeación estratégica, ingeniería del producto, diseño y desarrollo del producto). Lo anterior implica que hay una consistencia entre los niveles crecientes de complejidad tecnoproductiva y el desarrollo organizacional creciente.

En particular, cabe señalar que en las maquiladoras la autonomía relativa se presenta de nuevo en áreas estraté-

gicas de su organización. Como se muestra en el cuadro correspondiente, en rubros como el diseño y desarrollo de productos, a diferencia del rubro de la ingeniería de producto, la representación de estos departamentos es más baja. Esto se explica porque los corporativos no liberan de la misma manera el conocimiento tecnológico que les confiere su mayor capacidad competitiva.

Como se desprende del análisis del cuadro de referencia, podemos afirmar que en esta relación se advierte un proceso de escalamiento industrial en una perspectiva evolutiva, pero, como señala la teoría, para lograr una concatenación entre niveles tecnoproductivos y niveles de desarrollo organizacional mayores se requiere un ambiente institucional que estimule el desarrollo de capacidades tecnológicas y organizacionales.

Por otro lado, las principales áreas en las que el personal que labora en estas empresas tiene una participación destacada, y cuyo conocimiento nos sirve para entender el grado de involucramiento del trabajador mexicano en las decisiones, son áreas tales como compra y elección de la materia prima, definición de los productos que se elaboran, tipo de maquinaria y tipo de sistemas de información que se utilizan.

Un segundo ámbito que nos permite relacionar la dimensión organizacional con los niveles de complejidad es el de la injerencia del personal de las maquiladoras en la toma de decisiones. En el cuadro 10 se puede observar que la injerencia del personal de las empresas exportadoras en la compra y elección de la materia prima se va incrementando en la medida en que el nivel de complejidad de dicha empresa es mayor. De tal forma, encontramos que en las empresas del nivel básico esta participación es cercana al 43 por ciento, en tanto en el nivel intermedio se eleva a

un poco más del 52 por ciento, y en el nivel avanzado, este porcentaje de plantas es ya del 60 por ciento, lo cual es bastante alto. Desafortunadamente, en la encuesta no fue posible determinar los detalles de dicha participación y/o injerencia; sin embargo, sí se captó que el grado de involucramiento del personal de las empresas es significativo en los tres niveles, y ello muestra un grado de aprendizaje, al menos organizacional, no poco significativo. Si consideramos que en nuestro universo de firmas estudiadas el nivel de complejidad intermedia es de 45 por ciento, entonces casi en la mitad de las empresas que se estudiaron existe una participación en dicho rubro de más del 50 por ciento del personal.

Cuadro 10  
NCT-P E INJERENCIA DEL PERSONAL EN LAS PLANTAS  
MAQUILADORAS

Áreas	Niveles de complejidad (%)		
	Básico	Intermedio	Avanzado
Compra y elección de materia prima	42.6	52.4	60.0
Productos que fabrica	43.0	56.7	70.0
Maquinaria utilizada	56.7	62.2	50.0
Sistemas de información tecnológica	34.7	45.8	40.0

Fuente: *Idem*.

Respecto a la participación del personal en el tipo de productos que se fabrican en la empresa, el involucramiento es aún más significativo, ya que en el nivel básico de las empresas este rubro se ubica en 43 por ciento, en el nivel intermedio alcanza el 57 por ciento, en tanto que en el avanzado este porcentaje es aún mayor, situándose en 70 por ciento de las plantas correspondientes a dicho nivel.

Lo anterior podría parecer contradictorio con la lógica del mercado y su demanda, que es al final la que define el tipo de productos que la empresa debe elaborar. Sin embargo, podemos afirmar que la respuesta a nuestra pregunta incluye la idea de que los trabajadores mexicanos cuentan con un margen de acción respecto de ciertas características del producto, y ello deriva del conocimiento que tienen del mismo, así como del proceso productivo. Es decir, antes de esta injerencia existe un proceso de aprendizaje tecnológico y organizacional que se conjuga para que su punto de vista sea considerado, aun cuando no existe una mayor visibilidad de dicha participación.

En relación con la injerencia que el personal local de la empresa tiene en la definición del tipo de maquinaria utilizada, los resultados también son importantes. Así, encontramos que en el nivel básico de las empresas la participación del personal es cercana al 57 por ciento y es del 62 por ciento en el nivel intermedio, para caer hasta los 50 puntos porcentuales en las plantas del nivel avanzado. Esto resulta novedoso, ya que no se esperaría que esto ocurriera en la medida en que la gran mayoría de las empresas pertenecen a un corporativo, el cual se entendería que mantuviera el control absoluto sobre la maquinaria y los equipos utilizados.

Sin lugar a dudas, esta decisión nos acerca a constatar el involucramiento y el conocimiento del personal de la planta sobre el tipo de maquinaria y equipo que se utiliza en el proceso productivo. Y como se señaló antes, ello implica, a su vez, un proceso de aprendizaje sobre las tecnologías que se utilizan y los mecanismos de desarrollo organizacional, y lo que encontramos es una creciente familiarización en particular del cuerpo técnico de estas empresas con las nuevas tecnologías y con su uso en los procesos productivos.

Este involucramiento produce importantes competencias laborales, en particular en técnicos e ingenieros, lo que les permite mejorar su propia posición en particular en la planta y en la IME en general.

Lo anterior contrasta con la participación del personal de la empresa en los sistemas de información tecnológica respecto de los tres aspectos mencionados anteriormente (compra y elección de materia prima, fabricación de productos y maquinaria utilizada), ya que participan en este rubro el 35 por ciento de las plantas del nivel básico y casi el 46 por ciento de las empresas del nivel intermedio, cayendo nuevamente al 40 por ciento en el caso de las empresas del nivel avanzado, por lo que es, en este rubro de intervención en sistemas de información tecnológica, donde se presenta la menor injerencia del personal que labora en estas maquiladoras.

Este tipo de resultados podrían explicarse con el entendimiento de cómo funciona la empresa global. Sin lugar a dudas, los sistemas de información son el medio clave por el que los corporativos mantienen una relación directa con las empresas subcontratadas, con clientes, con proveedores, con el personal técnico y de investigación, etcétera. Aun así, no deja de ser significativo que al menos en una tercera parte de las empresas del nivel básico tanto técnicos como ingenieros y administradores influyan y/o se relacionen con los distintos tipos de sistemas de información.

Lo que podemos destacar de esto es que existe una participación creciente del personal de las empresas locales en áreas que hasta hace poco eran desarrolladas expresamente desde o por el corporativo, y ello estaría indicando un nivel importante de autonomía relativa de la empresa local respecto de su casa matriz, lo cual es un dato que no se había documentado explícitamente.

En lo que al ámbito de la especialización de equipos de trabajo dentro de la IME se refiere, a continuación presentamos la situación encontrada en las empresas del estudio (véase cuadro 11) respecto de aquellos métodos utilizados directamente en la organización de la producción y cuya utilización tiene como objetivo incidir tanto en los tiempos como en los estándares de producción, como resultado de un creciente proceso de aprendizaje al interior de estas empresas.

Cuadro 11  
NCT-P Y ESPECIALIZACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO

Métodos o programas	Niveles de complejidad (%)		
	Básico	Intermedio	Avanzado
Mejora continua	78.5	91.5	90.0
Equipos de trabajo	78.6	83.1	90.0
Método SIX SIGMA	27.1	41.9	60.0
Programa de certificación de competencias laborales	37.8	60.8	70.0
Programa de autogestión ambiental voluntaria	35.2	48.5	50.0

Fuente: *Idem*.

De las técnicas y/o métodos que se aplican en estas empresas, encontramos que la mejora continua es una práctica bastante generalizada, puesto que en las empresas del nivel de complejidad básico alcanza casi los 79 puntos porcentuales. En el nivel intermedio se aplica en casi 92 por ciento de los casos válidos, y en las plantas del nivel avanzado llega ya a un 90 por ciento. Esto es un hallazgo importante, toda vez que los trabajadores en general se encuentran inmersos en un medio innovativo constante, y si estas mejoras no son de fondo, sí son mejoras incremen-

tales que en el largo plazo redundan en el mejoramiento de la competitividad de la empresa.

El involucramiento del personal ocupado en este tipo de innovación también denota un proceso continuo de aprendizaje que, aunque ocurre de manera individual, es capitalizado por la empresa, al internalizar dichas mejoras e incorporarlas y difundirlas como parte de su conocimiento. Igualmente relevantes son los llamados equipos de trabajo, ya que se utilizan en un porcentaje cercano al 79 por ciento en las plantas maquiladoras de nivel básico y en un 83 por ciento en las plantas de nivel intermedio, y el nivel avanzado alcanza un 90 por ciento. Asimismo, llama la atención que el método SIX SIGMA sea utilizado por el 27, el 42 y el 60 por ciento de las maquiladoras de los grupos de complejidad básica, intermedia y avanzada, respectivamente. Así también, la certificación de competencias laborales es aplicada de manera destacada, casi 61 y 70 por ciento por las plantas que se ubican tanto en el nivel intermedio como en el avanzado.

En cuanto a los programas de autogestión ambiental voluntaria como una técnica y/o método de organización de la empresa, encontramos que en los niveles básico e intermedio son utilizados en menor medida que los rubros anteriores, y en las empresas del nivel avanzado donde también es bajo el porcentaje alcanzado, éste no deja de ser significativo pues alcanza un importante 50 por ciento.

Por lo que se refiere a las certificaciones que han adoptado las firmas desde hace algunos años, en el cuadro 12 se presentan las que son de uso más generalizado.

Si analizamos lo que sucede en el lado de las certificaciones, encontramos que el ISO 9002 ha sido adoptado en las plantas maquiladoras de complejidad básica solamente por un 30 por ciento y por cerca del 39 por ciento de las plantas

de complejidad intermedia, mientras que las de complejidad avanzada llegan a un importante 70 por ciento de las plantas en dicho nivel. Estas cifras son altas y congruentes con lo observado en las empresas del estudio, que en su mayoría son empresas grandes y del sector electrónico, donde es común que estas certificaciones hayan sido adoptadas como criterios de aseguramiento de la calidad, y más aún como mecanismos que les permiten mantener altos sus estándares de competitividad.

Cuadro 12  
NCT-P Y CERTIFICACIONES EN LAS FIRMAS

Certificaciones	Niveles de complejidad (%)		
	Básico	Intermedio	Avanzado
ISO 9001	17.3	28.0	30.0
ISO 9002	30.0	38.6	70.0
ISO 14001	11.3	18.9	10.0
ISO 14002	0.7	3.0	0.00
QS 9000	23.8	20.2	10.0

Fuente: *Idem*.

En cuanto al QS 9000, se tiene que en el nivel tecnoproductivo básico el porcentaje se encuentra en niveles cercanos a los 24 puntos, mientras que en el nivel intermedio éste es de un quinto del total, y tan sólo es representativo del 10 por ciento de las empresas en el nivel avanzado.

En el caso de los ISO 14001 los porcentajes no rebasan los 20 puntos porcentuales; y más aún en el del ISO 14002, cuyo porcentaje es marginal en el nivel intermedio, al ser de solamente 3 por ciento. Estos resultados son consistentes con los obtenidos en el apartado anterior –en particular con el programa de autogestión ambiental voluntaria–, pues al

igual que en estas dos últimas certificaciones su utilización y/o aplicación se presenta en menor porcentaje sin excepción en los dos niveles considerados. Pese a la baja representación encontrada de estos estándares internacionales, lo que se desprende de la información anterior es que, en efecto, es cada vez más importante para estas firmas el uso de dichos estándares como mecanismos importantes que las ayudan a mantenerse compitiendo en los mercados internacionales.

### Consideraciones finales

La IME presenta un alto grado de heterogeneidad tecnológica y organizacional, y no sólo por el segmento en que se participa, ya que los niveles de complejidad tecnoproductiva son altamente variables entre las plantas. Esto se debe a que los procesos evolutivos en las plantas maquiladoras no se presentan de manera lineal, lo que confirma que el peso de las trayectorias de la firma y el contexto de posibilidades tecnológicas son aspectos diferenciales de las firmas y sus plantas. Tal diferenciación de las plantas maquiladoras descansa específicamente en el uso de distintas tecnologías y sistemas organizacionales para incrementar su competitividad en el mercado global.

El aprendizaje tecnológico implica distintos niveles de coordinación y entendimiento en la empresa, así como una elevada complejidad organizacional. La acumulación de experiencia en las plantas lleva implícito el desarrollo de habilidades tanto en el nivel organizacional como en el individual, pero tal acumulación se ha visto restringida en el proceso de creación de conocimiento, ya que los nuevos patrones de actividad y una nueva lógica de organización son, en gran medida, determinados por los corporativos.

La participación de empresas de complejidad tecnoproductiva intermedia es muy significativa, lo que nos hace pensar que muchas de estas plantas cuentan con la estructura organizacional necesaria para transitar en un mediano plazo a un nivel de complejidad avanzada. Ello puede relacionarse con el hecho de que casi la mitad de la inversión obtenida en el 2001 se dirigió a la compra de maquinaria y equipo. No obstante, los gastos no derivaron únicamente en la adquisición de tecnologías de punta.

La industria electrónica es el sector más importante en el nivel tecnoproductivo básico e intermedio, lo que evidencia el predominio de este segmento de la electrónica sobre los otros. En Mexicali, por su parte, sólo 17 por ciento de las maquiladoras pertenece a dicho nivel, aunque es la ciudad que concentró el mayor número de plantas con nivel tecnoproductivo avanzado.

Las empresas maquiladoras presentan una autonomía relativa respecto de sus corporativos, lo que indica que existen procesos de cambio constantes en su interior y que mantienen un aprendizaje continuo. En este sentido, debe resaltarse la importante interacción entre los grupos de trabajadores mexicanos en la dinámica de los procesos de aprendizaje tecnológico y organizacional de las firmas y/o plantas maquiladoras, que son preponderantemente extranjeras.

Las vías de aprendizaje tecnológico son varias, y de ellas la relación corporativo-planta no es la única importante, ya que también es significativa la asesoría que brindan los vendedores de equipo para la transferencia de máquinas y equipo y de conocimiento codificado y contratos tecnológicos. Estos datos son relevantes en la medida en que las plantas mantienen relaciones estrechas con centros de investigación, proveedores de equipo y contratistas, y ello

permite que se extienda el ámbito en el que se producen la transferencia tecnológica y la adquisición de conocimiento codificado que posteriormente pueden traducirse en un aprendizaje por uso.

Este comportamiento bien podría indicar la existencia de mayores y más estrechos vínculos en las redes empresariales entre las maquiladoras y los productores de maquinaria y equipo para crear conocimiento tecnológico e innovar, pero sobre todo para indagar sobre la diversidad de formas con las cuales las empresas procuran medios tecnológicos y van aprendiendo a funcionar competitivamente compartiendo códigos de reciprocidad.

El incremento gradual en el nivel de automatización tanto en las empresas de los niveles de complejidad básica como en las del nivel intermedio le da sustento a la hipótesis de que mientras más tecnoproductivamente avanzada es la maquiladora más se incrementan sus niveles de automatización.

Las empresas de nivel tecnoproductivo avanzado, aunque fueron muy pocas, nos permitieron precisar que, además de las actividades básicas e intermedias, la IME orienta sus actividades de investigación y desarrollo, más que a la investigación científica, a lo que Mowery y Rosenberg afirman que ha sido el comportamiento del cambio tecnológico en el siglo XX: el diseño de productos y la prueba, rediseño y mejoramiento de los procesos de manufactura.

La relación entre los niveles de tecnoproductividad básica e intermedia y las variables de nivel de automatización, maquinaria y equipo, y tipos de tecnologías de punta nos confirmó y permitió profundizar en las características de la heterogeneidad de la IME, ya que las empresas del nivel básico y las del intermedio en general presentan algunas características completamente opuestas, pero hay casos en

que la diferencia la constituyen los rasgos específicos de las empresas de cada segmento.

Asimismo, para llegar a un proceso de aprendizaje local de carácter generativo, a partir de la IME, deben crearse condiciones estructurales que permitan orientar el aprovechamiento del conocimiento que se ha producido en esta industria. Entre estas condiciones se encuentra lo que Casalet (2002) llama el desarrollo de un entramado institucional de soporte a los procesos de innovación a partir de instituciones de educación superior, centros de investigación en determinadas áreas, organismos intermedios que sustenten las alianzas estratégicas, etcétera.

Sobre el grado de involucramiento de los trabajadores como un ejemplo de difusión del conocimiento y del dinamismo del aprendizaje, los resultados son lógicos, ya que en las empresas con niveles de capacidad tecnológica intermedia el personal es más participativo, aunque su injerencia es menor en el área de sistemas de información tecnológica que en la de maquinaria.

En cuanto al proceso de certificación, hay una gran similitud entre las empresas con niveles de complejidad tecnoproductivo básico e intermedio, debido a la difusión generalizada de ese método de organización productiva. Sin embargo, en el tema de las innovaciones la capacidad tecnoproductiva de las empresas sí es un elemento que las diferencia.

La IME es una industria que, por un lado, ofrece diversas oportunidades tecnológicas cuyas respuestas están dirigidas, sobre todo, al comportamiento de las cadenas globales de producción y, por otro, tiene ciertas limitantes para liberar su conocimiento tecnológico. Para llegar a un proceso de aprendizaje local generativo a partir de la IME, tendrían que existir otras condiciones estructurales que

podieran orientarse al aprovechamiento del conocimiento de esta industria. De esta manera, es preciso contar con estudios más específicos sobre el ambiente institucional en el que se desenvuelve la IME.

A pesar de que la IME concentra conocimiento tecnológico y de que no se espera que éste sea liberado de forma inmediata, los actores regionales pueden jugar un papel importante en el diseño de políticas de gestión para aprovechar las ventajas que la IME puede ofrecer a las localidades donde se asienta. En este sentido, no se trata de gestionar lo imposible, sino de generar una conciencia proactiva entre las empresas y las instituciones locales para aprovechar las ventajas de la globalización.

En los estrechos lazos entre los proveedores y la IME podemos vislumbrar cómo se ha ampliado la red de vínculos productivos a través del capital transnacional que opera en la frontera norte de México, y ello sugiere un estudio más amplio, no sólo de la manera en que los proveedores de equipo y maquinaria adquieren las tecnologías, sino también acerca del papel que están jugando los proveedores en la difusión y aprendizaje tecnológico global.

## Índice

<i>Agradecimientos</i> . . . . .	5
<i>Introducción</i> JORGE CARRILLO Y MARÍA DEL ROSIO BARAJAS . . . . .	7
Capítulo 1 <i>¿La maquila evoluciona?, ¿podrá evolucionar en el contexto?</i> JORGE CARRILLO Y REDI GOMIS . . . . .	17
Introducción . . . . .	17
El escalamiento industrial . . . . .	21
El nuevo contexto de operación de las maquiladoras . . . . .	37
Metodología. Investigación guía y encuesta . . . . .	41
Capítulo 2 <i>La relevancia económica y el perfil de las maquiladoras electrónicas y de autopartes en tres ciudades del norte de México (1990-2003)</i> ARACELI ALMARAZ . . . . .	51
Introducción . . . . .	51
Comportamiento de los principales indicadores de la IME desde la década de los noventa . . . . .	59
Factores de competitividad y perfil de establecimientos electrónicos y de autopartes en un contexto de crisis . . . . .	81
Consideraciones finales . . . . .	99

## Capítulo 3

*Presente y futuro de la manufactura de televisores en la frontera norte de México: de la tecnología analógica a la digital*

JORGE CARRILLO Y ALFREDO HUALDE . . . . .	105
Introducción . . . . .	105
La importancia de la televisión convencional en México . . . . .	105
La producción de televisores digitales en México . . . . .	133
Conclusiones . . . . .	143

## Capítulo 4

*Complejidad tecnoproductiva y su relación con la formación de capacidades tecnológicas y organizacionales en la industria maquiladora de exportación*

MARÍA DEL ROSIO BARAJAS, CARMEN RODRÍGUEZ Y ARACELI ALMARAZ . . . . .	147
Introducción . . . . .	147
Fundamentos teóricos sobre la relación entre capacidad productiva, capacidades tecnológicas y organizacionales y cambio técnico . . . . .	149
La construcción de los niveles de complejidad tecnoproductivos para estudiar a la IME . . . . .	158
Análisis de la complejidad tecnoproductiva en la IME y su relación con las dimensiones que explican su heterogeneidad . . . . .	163
Consideraciones finales . . . . .	197

## Capítulo 5

*La información tecnológica en las plantas maquiladoras: escalamiento, innovación*

REDI GOMIS Y JORGE CARRILLO . . . . .	203
Introducción . . . . .	203
Las tecnologías de la información y las empresas . . . . .	204

¿Escalamiento en tecnologías de la información en las plantas maquiladoras del norte de México? . . . . .	206
Inversiones en recursos computacionales . . . . .	207
Enterprise Resource Planning . . . . .	210
Las tecnologías de la información en el funcionamiento de las plantas maquiladoras del norte de México . . . . .	214
Índice de uso de las tecnologías de la información . . . . .	215
VARIABLES DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS PLANTAS . . . . .	216
A manera de conclusión . . . . .	223

## Capítulo 6

*¿Quién aprende en las maquiladoras? Mercados de trabajo y aprendizaje en la frontera norte de México*

ALFREDO HUALDE ALFARO . . . . .	225
Introducción . . . . .	225
El marco contextual: la economía y el mercado de trabajo en México . . . . .	230
Los mercados de trabajo locales . . . . .	233
La estructura del empleo en la industria maquiladora . . . . .	236
Conclusiones . . . . .	259

## Capítulo 7

*Los actores en el entramado institucional transfronterizo y su relación con la red regional de aprendizaje y el escalamiento en la IME*

MARÍA DEL ROSIO BARAJAS Y CARMEN RODRÍGUEZ . . . . .	263
Introducción . . . . .	263
¿Podemos precisar los límites del entorno institucional que se genera con la participación de capitales transnacionales? . . . . .	265
Métodos de análisis . . . . .	270
Las redes del entramado institucional . . . . .	272

La empresa y su marco institucional.....	287
Conclusiones.....	321
Bibliografía.....	325
Sobre los coordinadores.....	361
Anexo.....	365
Participantes en la encuesta.....	365
Participantes en el proyecto interinstitucional....	367

*Maquiladoras fronterizas. Evolución y heterogeneidad en los sectores electrónico y automotriz, se terminó de imprimir en la ciudad de México durante el mes de septiembre del año 2007. La edición, en papel de 75 gramos, estuvo al cuidado de la oficina litotipográfica de la casa editora.*

