

BREVIARIOS DE LA INVESTIGACIÓN

# Innovación tecnológica y ambiente

La industria química  
en México

Fernando Javier Díaz López



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO División de Ciencias Sociales y Humanidades







# INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y AMBIENTE

La industria química en México

Fernando Javier Díaz López



*Fotografía de la portada*  
Jesús Sánchez Uribe

*Portada*  
Virginia Flores

*Composición tipográfica, diseño, producción y cuidado editorial*  
Sans Serif Editores, SA de CV  
serifed@prodigy.net.mx

Primera edición: noviembre de 2003

D.R. © 2003, Universidad Autónoma Metropolitana  
Unidad Xochimilco, Calzada del Hueso 1100  
Colonia Villa Quietud, Coyoacán  
C.P. 04960, México, DF.

ISBN de la colección: 970-654-453-4  
ISBN: 970-31-0225-5

Impreso y hecho en México / *Printed and made in Mexico*

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y AMBIENTE

**La industria química en México**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

**Doctor Luis Mier y Terán Casanueva**

Rector general

**Doctor Ricardo Solís Rosales**

Secretario general

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA-XOCHIMILCO

**M. en C. Norberto Manjarrez Álvarez**

Rector

**Doctor Cuauhtémoc V. Pérez Llanas**

Secretario

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

**Doctor Arturo Anguiano Orozco**

Director

**Maestro Roberto Martín Constantino Toto**

Secretario académico

COMITÉ EDITORIAL

**Gisela Espinosa Damián**

**Gerardo Ávalos Tenorio / Arturo Gálvez Medrano**

**Miguel Ángel Hinojosa Carranza / Salvador García de León Campero C.**

**Maricela Adriana Soto Martínez / Rosalía Winocur Iparraguirre**

*Para Anna, un ángel en mi vida...*

Esta investigación fue realizada en el marco del proyecto “Estrategias de innovación en la industria química en México: estudio longitudinal de una muestra de empresas”, apoyado por Conacyt (núm. 37896-S).

# Índice general

<i>Índice de cuadros y figuras</i> . . . . .	11
<i>Agradecimientos</i> . . . . .	13
<i>Introducción</i> . . . . .	15
I. <i>Aprendizaje tecnológico e innovación en las firmas</i> . . . . .	27
El papel del aprendizaje tecnológico en la firma . . . . .	28
Algunas definiciones básicas . . . . .	28
Los tipos de conocimiento que coexisten en la empresa . . . . .	33
Los niveles de aprendizaje en la firma . . . . .	35
El aprendizaje y las estructuras productivas . . . . .	35
Las actividades de aprendizaje en la firma . . . . .	38
Aprendizaje tecnológico en la industria química mexicana . . . . .	42
La construcción de capacidades tecnológicas . . . . .	45
El papel de la innovación tecnológica . . . . .	55
Modelando una empresa eco-innovadora . . . . .	61
La construcción de empresas innovadoras . . . . .	61
Las alianzas tecnológicas estratégicas y la construcción de capacidades . . . . .	72
II. <i>Problemática ambiental de la industria química mexicana</i> . . . . .	75
La industria química en México (IQM) . . . . .	75
Antecedentes históricos de la IQM . . . . .	75
La evolución de la industria química en México . . . . .	79
Algunos antecedentes históricos . . . . .	83
Desempeño ambiental en la industria mexicana . . . . .	86

Eco-innovación en las firmas y la industria, una alternativa tecnológica .....	88
Algunos conceptos básicos .....	88
Los patrones de adopción de las eco-innovaciones .....	97
Aprendizaje ambiental en la empresa .....	102
Los factores de establecimiento de los procesos .....	102
Los principios directores de las empresas .....	105
La estrategia ambiental de la empresa .....	105
La puesta en marcha de un sistema de gestión ambiental ..	106
Comunicación y colaboración .....	106
Alternativas actuales a la integración de la variable ambiental en los procesos de la industria química hacia la eco-innovación y el aprendizaje ambiental .....	108
El Programa de Responsabilidad Integral .....	108
Los esquemas voluntarios de auditorías ambientales y los sistemas de gestión ambiental .....	109
Los esquemas voluntarios de auditorías ambientales .....	109
Los sistemas de gestión ambiental (SGA) .....	111
El diseño para el medio ambiente o eco-diseño .....	113
La química verde .....	114
La ingeniería verde .....	114
La producción más limpia .....	115
III. <i>Tecnología, innovación y medio ambiente</i> <i>en Nhumo</i> .....	117
Descripción de la empresa .....	117
Antecedentes de DESC .....	117
Perfil del grupo .....	119
El sector químico de DESC: GIRSA .....	119
El grupo de polímeros y especialidades de DESC: el caso de Nhumo .....	122
Descripción del producto .....	126
Características generales del negro de humo .....	126
Principales productos y mercados de Nhumo .....	129
Descripción del proceso .....	133
Estructura organizacional de la empresa .....	138
Aprendizaje tecnológico-ambiental en Nhumo .....	140
Eco-innovación y eco-eficiencia en Nhumo .....	145
La introducción de la variable ambiental .....	147

Proyectos eco-eficientes en Nhumo . . . . .	148
Beneficios de la eco-eficiencia . . . . .	152
La construcción de capacidades tecnológicas y la administración del conocimiento en Nhumo . . . . .	153
Uso de la información tecnológica en Nhumo . . . . .	155
Cambios organizacionales . . . . .	157
Administración del conocimiento . . . . .	157
Construcción de capacidades en Nhumo . . . . .	161
La administración de tecnología en Nhumo . . . . .	166
Recomendaciones a la empresa . . . . .	170
IV. Conclusiones . . . . .	177
<i>Anexos</i> . . . . .	189
<i>Glosario</i> . . . . .	219
<i>Bibliografía</i> . . . . .	225



## Agradecimientos

El autor desea expresar un agradecimiento especial al doctor Daniel Villavicencio por su atinada dirección, por sus consejos y paciencia, que contribuyeron de manera decisiva para desarrollar este primer ejercicio profesional y consolidar una gran amistad.

A los ingenieros Jesús Vargas, Francisco Mc-Swiney, Carlos Delfín y José Luna, por la confianza depositada y el apoyo para realizar un estudio en la empresa Nhumo, lo cual reafirma el compromiso de esta compañía en los ámbitos social y ambiental, a más de que siempre se mostró dispuesta a recibir un punto de vista, acaso un tanto inusual, sobre su organización y que concilió ambos intereses.

A la ingeniera Margarita Ferat, de la Gerencia Corporativa de Control Ambiental del Sector Químico de Desc, quien fue la primera persona que brindó su voto de confianza a este proyecto por parte de la industria. Agradezco asimismo al ingeniero Alejandro Lorea, de la ANIQ, y al doctor Leonardo Ríos, del CyD por facilitar el vínculo con sus socios y amigos, lo cual posibilitó desarrollar un proyecto real encaminado a entender las relaciones entre la innovación tecnológica y el medio ambiente.

Mi respeto, admiración y agradecimiento al cuerpo de maestros de la maestría en economía y gestión del cambio tecnológico de la UAM-X, mi nueva alma máter, en especial a los doctores Alexandre O. Vera-cruz, Gabriela Dutrénit, Roberto Constantino y Arturo Lara, y a los maestros Enrique Medellín, Sergio del Va-

lle y Antonio Esteva, por influir significativamente al definir una investigación de este tipo. Deseo agradecer también al doctor David Barkin, quien sin conocerme depositó su confianza en los proyectos emprendidos. Mi agradecimiento asimismo para mis compañeros de la quinta generación de la maestría con quienes compartí esta etapa.

Durante la primera etapa de formación profesional en la Facultad de Química de la UAEM se sentaron las bases para el desarrollo de habilidades en la investigación. Por ello deseo agradecer al doctor Rafael López Castañares, al maestro Óscar Olea Cardoso, a la maestra Luz María Solís Segura, al ingeniero Óscar Barrera E. y al doctor Carlos Barrera Díaz, quienes fueron pilares en mi formación.

Finalmente, quiero dedicar esta obra a mi familia, pieza clave en este proyecto de vida. A mis padres Fernando e Irma, por su apoyo moral y todas sus enseñanzas, así como a mis hermanos Azucena, Fabiola, Itzel, José Luis, David y Russell, por su comprensión y ayuda durante todos estos años de formación. Dieron un rumbo especial a mi vida mis sobrinos Alan, Edgar, María Fernanda, Mariana y Regina; espero firmemente que este pequeño trabajo los motive para que más tarde hagan su propia contribución. Una mención especial para mis amigos de toda la vida, a quienes agradezco sus horas de compañía y amistad, tan necesarias en los momentos difíciles.

## Introducción

La historia de la industria química en el mundo es especial, pues a pesar de que sus bases científicas son anteriores a la Revolución industrial en Inglaterra, tomó su forma actual apenas a comienzos del siglo XX al establecer procesos de fabricación a gran escala de productos de bajo valor agregado. Con el paso de los años ha llegado a convertirse en un sector basado en la ciencia y con un grado de madurez que le permite desarrollar una dinámica innovadora particular.

Desde la década de los setenta, la problemática ambiental generada por la degradación del entorno, después de poco menos de 250 años de desarrollo industrial, se había agravado y motivado el surgimiento de una nueva visión de la conciencia “ecológica” y de “preservación del ambiente” en la población de los países desarrollados, con el objeto de favorecer una nueva sociedad consciente de la problemática y generadora de soluciones, aunque este proceso no se ha logrado del todo.

Pero fue en los años ochenta cuando el mundo se dio cuenta de que la globalización de los mercados era real y tangible, y de que los mercados “viejos” se habían sobresaturado de competidores; el dilema entonces radicaba en encontrar nuevos mercados, de modo que las compañías deberían aprender a operar como si el mundo fuera un solo y gran mercado, ignorando diferencias superficiales regionales y nacionales. Así se gestaron diversas interpretaciones de lo que debería hacer una empresa para asegurar

el éxito de su negocio y el papel que los diferentes actores, tal como la tecnología, tendrían en dicho juego.

Por su parte, mientras el mundo comenzaba a “pensar globalmente y actuar localmente”, en países como Suecia y los Estados Unidos se generaron cambios importantes en la legislación en materia ambiental, aunados al desarrollo y fortalecimiento de otras disciplinas como la ingeniería ambiental, que llevó a mejoras técnicas en los procesos y productos, así como la economía y contabilidad ambiental, que propiciaron cambios organizacionales en las empresas, al comenzar a incluir el renglón de gastos por concepto de “costos ambientales”.

Por otro lado, algunas firmas de la industria química han integrado a su memoria colectiva y organizacional que todas las tecnologías siguen un patrón determinado —experimentación rápida y variedad de diseños, adopción, madurez y salida— y también que en la búsqueda por generar demanda tienen la oportunidad de notar cuando se presentan nuevos entornos y es necesario reconvertirse a nuevas trayectorias tecnológicas, pudiendo tomar la forma de eco-innovaciones, antes de que sean sustituidos en el corto y largo plazos y su permanencia en el mercado se vea amenazada.

Pero la realidad de la industria química nacional se hace evidente en estudios recientes que tratan de entender cómo se llevan a cabo el aprendizaje tecnológico y la innovación, mientras las funciones productivas se realizan de manera tradicional. En un entorno de industria madura y con un papel preponderante de producción en escala, la industria química mexicana ha sido catalogada como imitadora y reactiva ante las condiciones tecnológicas del exterior, y a pesar de suscitar convenios con tecnólogos que buscan aminorar esta situación, genera dependencia e inhibición de generación de capacidades, experiencia y conocimiento requeridos para poder reconvertirse efectivamente a los nuevos paradigmas de la química, que suponen una integración entre las variables económico-tecnológica y ambiental.

En una economía global especializada de rápido movimiento y cambio, el apoyo de tecnologías específicas, sectores o firmas

puede resultar especialmente productivo para los países. Al ser los procesos de adquisición de conocimiento una variable fundamental en dicha dinámica, de manera que su adquisición o desarrollo depende en gran medida de cómo articula e interrelaciona la firma los saberes de cada uno de sus actores, y como el aprendizaje individual es un fenómeno social, pues lo que un individuo aprende depende en gran medida de la base de conocimiento existente de la organización, se crea una interrelación que puede ser virtuosa.

Las oportunidades centrales dadas por una discontinuidad tecnológica y factores de mercado en la industria química no siempre pueden ser fácilmente usadas para mover el valor de sus procesos a la sustentabilidad y la innovación en materia ambiental, posiblemente gracias a numerosas razones y barreras. Al parecer no existe aún suficiente evidencia empírica para demostrar que las firmas se encuentran motivadas a acumular aprendizaje tecnológico y ambiental con el fin de formular capacidades tecnológicas y estar preparadas para innovar mediante una estrategia integral que comprenda las variables organizacionales, productivas, de I+D, negocios de aprendizaje, tecnología y medio ambiente. Lo anterior, quizás por la presencia de costos hundidos y otras variables no evidentes, en las primeras etapas del proceso de innovación que repercuten en la cultura de la firma, pues representan un cambio técnico y organizacional.

A pesar de la emergencia de la nueva economía del conocimiento y la innovación, parece ser que en los países en desarrollo, y más en el nivel micro en industrias con recursos limitados, la construcción de procesos de aprendizaje y capacidades tecnológicas se dificulta un poco más en el sentido de concebir la innovación tecnológica y su difusión como un instrumento empresarial para disminuir la presión de los sistemas económicos sobre los ambientales.

Surgió en años recientes, en Europa, una nueva filosofía en torno a la eco-innovación y el desarrollo sostenible como generadores de valor, al sugerir —en primer lugar— que el mundo crece, en términos poblacionales, de manera exponencial, y por tan-

to seguirá existiendo la posibilidad de generar mercados. En segundo lugar, las presiones “ambientales” y los gustos de los consumidores deberán cambiar por la propia naturaleza de las actividades humanas, es decir, el gusto por lo “natural” y lo “verde”; finalmente, el modo de crear valor en la empresa también deberá cambiar, pues la relación proveedor-usuario será más estrecha y los consumidores preferirán productos, procesos y servicios más “amigables” con el ambiente.

Históricamente, la presión social y las regulaciones ambientales del Estado han derivado en una operación más cautelosa de la industria química y sus ramas afines, en el sentido de emplear herramientas de gestión de la calidad y el medio ambiente, así como procesos “limpios” y “responsables” con el entorno.

En virtud de dichas influencias, las grandes firmas de la industria química han desarrollado y asimilado diversos mecanismos de protección ambiental y conductas o políticas de responsabilidad hacia el medio ambiente. En ocasiones, por la propia cultura de la empresa y su alto sentido de responsabilidad con el medio ambiente y la sociedad; en otras, porque han encontrado que, a fin de cuentas, invertir en eco-eficiencia genera valor para la empresa y promueve una dinámica de eficiencia productiva y mejora continuas.

Así, la conjugación de los valores empresariales y sociales podría dirigir sus esfuerzos a crear o establecer un “nuevo valor” de los productos y procesos de la industria química nacional. Ese nuevo valor podría favorecer la introducción de la discontinuidad tecnológica necesaria para iniciar el nuevo ciclo tecnológico eco-innovador que pretendemos ejemplificar para el estudio de caso en la empresa Nhumo, al ser la suma de los aspectos anteriores el principal motivo por el que consideramos pertinente realizar esta investigación.

## Preguntas de investigación

Las preguntas básicas del presente trabajo se relacionan con el aprendizaje “ambiental” y el patrón de comportamiento innovador de la empresa química mexicana Nhumo (empresa GIRSA), de modo que sus procesos y productos se administren para generar aprendizaje tecnológico ambiental, y que esto a su vez derive en innovaciones que integren la variable ambiental y cuyo posicionamiento en el mercado se deba en alguna medida a que se trata de una empresa responsable social y ambientalmente.

Las preguntas que guían la investigación son:

1) ¿Cuáles son los procesos de aprendizaje que permiten a una empresa química mexicana como Nhumo integrar la variable ambiental a los procesos, productos y servicios ambientales para formular y desarrollar su estrategia?

2) ¿Cómo se puede integrar la variable ambiental a las diferentes variables tecnológicas en una empresa química mexicana como Nhumo y, en su caso, cómo se da esta interrelación?

3) ¿Qué tipo de dinámica eco-innovadora y eco-eficiente existe en una empresa química mexicana como Nhumo, que le genere oportunidades de negocio?

La dinámica innovadora en este sector (principalmente innovaciones incrementales) nos sugiere algunas respuestas tentativas a las preguntas anteriores, de modo que pudieran existir algunos factores que motivaran el diseño de una estrategia de gestión del ambiente, eco-innovación y eco-eficiencia en una empresa química mexicana como Nhumo.

De algún modo, la realidad de la industria nacional y del entorno (llámense políticas, instituciones, cámaras industriales y las propias empresas) nos indica que existe un gran desconocimiento de los procesos de aprendizaje como fuente de conocimiento y que esto se puede convertir en un rasgo de competitividad. Y aún más, parece no haber interés por su desarrollo e integración en el total de la industria, dado el gran desconocimiento del papel que deberían desempeñar todos los agentes participantes.

Pocas empresas promueven la generación del conocimiento, entendida ésta también como la promoción de la investigación y el desarrollo, pues el cambio técnico necesario para el proceso de innovación es también aquel que resulta nuevo para la empresa, aunque no necesariamente sea nuevo para el mercado. De esta manera la empresa podría generar sus propias capacidades, reformular poco a poco su estrategia y convertirse en un líder o seguidor principal, lo que le permitiría posicionarse de manera más importante en el mercado y obtener beneficios en costos y generación de valor y competitividad.

### Estrategias de investigación

Para el desarrollo del presente trabajo se eligió un diseño de investigación de estudio de caso con el fin de obtener la evidencia empírica necesaria para contestar las preguntas planteadas inicialmente. La unidad de análisis es la firma Nhumo.

Una de las ventajas de un diseño de estudio de caso de este tipo es proporcionar un compendio de evidencia empírica del objeto de estudio que, con la debida precaución y tratamiento, puede servir como fundamento para explicar el fenómeno en su totalidad, en el sentido de una replicación lógica y más fácilmente analizable, con el fin de construir evidencia empírica válida y, a partir de estas bases, realizar inferencias a la realidad. Los componentes de este estudio de caso fueron:

- preguntas de investigación;
- proposiciones o respuestas tentativas;
- unidad de análisis;
- vinculación lógica entre los datos y las proposiciones (construcción y validación de indicadores);
- criterios para interpretar los resultados y realizar inferencias empíricas.

La información de la empresa (análisis de información, entrevistas y estancia en planta) se obtuvo del 25 de junio al 11 de julio de 2002.

La definición de indicadores hace presumir la identificación de variables de estudio fundamentales para la investigación que nos permitan encontrar pruebas de la presencia de elementos que respondan las preguntas fundamentales del estudio. Para el propósito de esta investigación se definieron una serie de indicadores relacionados con cuatro variables para la construcción de un modelo previo: organización, proceso productivo, aprendizaje tecnológico y tecnología (cambio tecnológico e innovación), las cuales se pueden ver en los anexos del presente trabajo y pudieran permitir a la empresa, mediante su uso en el futuro, generar nuevas ideas de evaluación para sus temas de tecnología, innovación y medio ambiente.

Durante la etapa previa al desarrollo del trabajo de campo los objetivos de la investigación incluyeron:

- Definir insumos conceptuales como organización productiva, eco-innovación, eco-eficiencia, desempeño ambiental, responsabilidad ambiental, evaluación y análisis ambiental, dinámica innovadora (proceso de innovación), aprendizaje tecnológico (procesos y tipos de aprendizaje), tipos de conocimiento, construcción de capacidades, capacidad de absorción, mejora continua, mejores prácticas, responsabilidad integral, etcétera.
- Identificar la empresa para el estudio de caso y elaborar guías de entrevistas, así como un modelo para la gestión del ambiente en la empresa, etcétera.
- Identificar teorías o enfoques que abordan la economía de la innovación.
- Estudiar el proceso productivo (jerarquía, comunicación, complejidad tecnológica, desempeño ambiental, entre otros).
- Definir una serie de indicadores que nos permitieran identificar las variables de estudio que estuvieran presentes en

la empresa para favorecer el aprendizaje tecnológico, la eco-innovación y la eco-eficiencia.

- Elaborar una propuesta metodológica para que una empresa química mexicana pueda generar aprendizaje ambiental, integre la variable ambiental, produzca eco-eficientemente, eco-innove, y lo haga patente en su cultura organizacional, estrategia tecnológica y de negocios.

El proceso de búsqueda de una empresa que facilitara la realización de este estudio de caso no fue tarea fácil, y mediante algunos primeros acercamientos al Grupo Industrias Resistol a través de su Centro de Investigación y Desarrollo se iniciaron los contactos, primero con algunas empresas del grupo consideradas como “candidatas”, esfuerzos no del todo inútiles.

Por medio de la Asociación Nacional de la Industria Química y su Gerencia de Medio Ambiente se dio el contacto con su homólogo del corporativo de GIRSA, quien a su vez motivó a Nhumo para realizar un estudio de por qué no capitalizaban sus innovaciones en materia de medio ambiente, seguridad e higiene cuando se trataba de una empresa con altos índices de desempeño ambiental.

En el proceso de negociación con Nhumo (empresa del grupo GIRSA) surgió la necesidad de ampliar el espectro de la investigación y enfocar el trabajo de campo al tema de la administración de la tecnología y la administración del conocimiento, pues la empresa ha empezado a realizar esfuerzos en este sentido y pretendía obtener un diagnóstico externo en estos aspectos, y se deseaba empatar los objetivos de la investigación con los proyectos estratégicos en este rubro de la empresa.

Así, se tuvo un acuerdo con la empresa para generar un modelo de gestión de innovación tecnológica en medio ambiente; identificar los procesos de aprendizaje tecnológico que le permiten integrar la variable ambiental en las variables tecnológicas para la formulación de una estrategia; realizar un diagnóstico de las innovaciones tecnológicas (de la historia y el estado actual) y detectar áreas de oportunidad para sistematizar su generación fu-

tura con base en un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) y, finalmente, ayudar a encontrar un posible mecanismo para asimilar la tecnología recibida de parte de su tecnólogo.

Por último, cabe mencionar que terminada la investigación se realizaron algunas sesiones con la firma para dar a conocer los resultados. Éstas se dieron en dos etapas: la primera incluyó una presentación de resultados, diagnóstico y recomendaciones para los ingenieros de la gerencia de operaciones, quienes están a cargo de los proyectos de mejora y estratégicos para la tecnología de la empresa, como se describe posteriormente, y para quienes podrían considerarse particularmente útiles los resultados emanados de la estancia de investigación, al dar “otro enfoque” a la visión de los problemas de tecnología, innovación y medio ambiente de la empresa.

De esta reunión se desprendió una segunda, con el grupo directivo de Nhumo, con el objeto de profundizar en cuanto a la evidencia encontrada en el estudio de caso, y que pudiera ayudarles a vislumbrar opciones tecnológicas para definir estrategias en esta materia. Por lo anterior, esta sesión abarcó detalles más específicos del diagnóstico realizado para la empresa y con un enfoque gerencial y estratégico, a diferencia de la primera reunión, que fue de carácter más bien operativo y de producción. Entre los principales aportes de estas sesiones, cabe mencionar que algunas recomendaciones emanadas de este estudio servirán como base para la planeación del departamento de tecnología aplicada de la empresa en los próximos años.

## Contenido

La temática de este trabajo incluye un primer apartado conceptual en innovación en las firmas y aprendizaje tecnológico como proceso acumulativo. El estudio de la organización productiva es importante para entender la coexistencia de los tipos de conocimiento y los niveles de aprendizaje, así como su relación con las

estructuras productivas y su interacción con los actores, que le permiten traducirse en un proceso de creación de conocimiento, es decir, de aprendizaje que se puede mover en un contexto superior connotado por la construcción de capacidades productivas, tecnológicas y organizacionales, y quizás en innovación. Se analiza igualmente el aprendizaje tecnológico en la industria química.

Este mismo apartado trata los temas de innovación y su papel en la firma, de manera que se pueda situar a la empresa en un medio que la ayude a convertirse en innovadora. Por ello, también se analiza la necesidad de un cambio en el paradigma empresarial tradicional de la industria (química) y la definición de una estrategia tecnológica que le permita conseguirlo, tomando siempre en cuenta la naturaleza del sector y el tipo de empresa, pues esta condición puede modificar pautas de comportamiento innovador. Enseguida se trata el tema de la I+D como un proceso integral entre las diferentes funciones de la compañía, promotor de la capacidad de absorción necesaria para favorecer el aprendizaje tecnológico en un entorno de empresas químicas que cuentan con socios tecnológicos; con ello se busca una alianza que le beneficie en la administración de su tecnología.

El segundo capítulo incluye los temas relacionados más directamente con la industria química en México y el medio ambiente. Se aborda la naturaleza del sector y se ubica el producto de la empresa en estudio, pues así se pueden obtener puntos de referencia importantes para entender sus estrategias ambientales. Este apartado también contiene algunos antecedentes de la visión del medio ambiente y las firmas en el contexto de su desempeño y las herramientas que actualmente existen para coadyuvar a su desarrollo. Asimismo, se aborda el tema de la eco-innovación y el aprendizaje ambiental con un modelo que sirve de base para conocer los procesos que confluyen para este fin, así como un breve análisis de algunas herramientas y programas que pudieran favorecer los procesos de generación de aprendizaje ambiental en las empresas, y con ello, ciertas capacidades.

El siguiente capítulo corresponde al estudio de caso de Nhumo, que se inicia con la descripción del grupo industrial al

que pertenece y que de alguna manera influye en su toma de decisiones. Posteriormente se analiza la empresa; se describe su producto, proceso productivo y organización, para en un siguiente apartado abordar el tema del aprendizaje tecnológico ambiental, así como de los cuestionamientos del trabajo de campo y la evidencia encontrada, para después realizar algunas inferencias y poder contestar las preguntas de investigación planteadas para analizar los proyectos de eco-eficiencia y los posibles beneficios que dejó en la organización. Finalmente se tratan los temas de la construcción de capacidades en la empresa, la administración del conocimiento y su tecnología, así como las recomendaciones derivadas del diagnóstico descrito en el apartado de estrategias de investigación.

El último capítulo corresponde a las conclusiones derivadas del estudio de caso y su análisis en relación con el marco teórico establecido para este trabajo. Los principales hallazgos de esta investigación son específicos para este estudio de caso en particular, por lo que realizar inferencias a otras empresas de la industria química debe suponer el cuidado y la atención de considerar las condiciones particulares del sector, industria y empresa que dictan un patrón que influye en la manera de ser de Nhumo. Por ello, en el último apartado se presentan conclusiones relevantes para el estudio de caso, pero que a su vez dan pie a nuevas preguntas, cuya respuesta sería objeto de investigaciones ulteriores.



## I. Aprendizaje tecnológico e innovación en las firmas

El propósito del presente capítulo es establecer el marco de referencia para el tema de tecnología e innovación desde el punto de vista de la economía de la innovación y su enfoque evolutivo. En este sentido, es importante citar las bases conceptuales y teóricas que nos permitirán, en el capítulo correspondiente al estudio de caso, realizar inferencias respecto de la realidad de las empresas químicas mexicanas en esta materia, a partir de las evidencias empíricas encontradas en la empresa en estudio. Por tanto, los conceptos relacionados con el aprendizaje tecnológico, seguidos de los temas relacionados con la construcción de capacidades tecnológicas, nos permitirán establecer los “parámetros de medición” para la empresa en estudio: Nhumo.

Aunado a lo anterior, la visión schumpeteriana de la innovación y la definición actual de una empresa innovadora aportan elementos de soporte al análisis realizado en apartados posteriores en relación con las condiciones necesarias para que una empresa química mexicana como Nhumo pueda integrar sus diversas variables tecnológicas, como la de medio ambiente, que es el caso presente, a los diversos motivos que pudiera tener o desarrollar para eco-innovar y, por ende, generar condiciones que le permitan tener la habilidad para sobrevivir, adaptarse y competir en mercados cambiantes.

## El papel del aprendizaje tecnológico en la firma

### *Algunas definiciones básicas*

La *tecnología* puede entenderse como el conocimiento organizado y formalizado de diferentes técnicas, o como el conjunto de conocimientos que pueden servir para producir y crear bienes. Estos conocimientos pueden entonces ser incorporados en las fábricas o máquinas, o bien, ser transcritos en documentos que pueden utilizar los diferentes actores de la producción (Perrín, 1983, citado en Villavicencio, 1993).

Por su parte, diversos autores definen el aprendizaje tecnológico como el proceso por el cual las firmas crean conocimiento y adquieren capacidades tecnológicas (Bell, 1984; Villavicencio, 1993; Arvanitis y Villavicencio, 1994; Dutrénit, 2001). Este tipo de literatura parte de la idea de que las empresas son inmaduras, aprenden a lo largo del tiempo, acumulan conocimiento, y sobre estas bases son capaces de llevar a cabo progresivamente nuevas actividades y adquirir capacidades tecnológicas (Dutrénit y Vera-cruz, 2001); en algunos casos, los procesos de innovación, por su carácter acumulativo, son impredecibles y pueden tomar diversos rumbos. Estos *procesos de síntesis acumulativa*, como en la noción de Usher (Ruttan, 1959), permiten el nacimiento de “cosas nuevas” (y la modificación de los esfuerzos de innovación, por ejemplo, o bien la modificación de los esfuerzos de aprendizaje), dirigen en alguna medida su rumbo y afectan su velocidad. Por ello, el tema del aprendizaje tecnológico como un proceso de creación de conocimiento, y con ello, la noción de crear algo “nuevo” con los mismos insumos, permite establecer un patrón de referencia cercano y un punto de partida para abordar el problema de estudio.

Autores de la teoría de la economía evolutiva, como Lundvall (1992), asumen que el recurso fundamental de la economía moderna es el *conocimiento* y, por tanto, el proceso más importante es el *aprendizaje*. Además, se acepta que el aprendizaje es predominantemente un proceso interactivo, por tanto, asimilado so-

cialmente, y que no puede entenderse sin tener en cuenta su contexto institucional y social. En fin, reconocen que el papel tradicional del Estado en el soporte del proceso de aprendizaje es confrontado por los procesos de globalización e internacionalización. Precisamente en este punto del análisis de los papeles de los actores podríamos integrar las condiciones externas en el estudio de caso de Nhumo y entender cómo se dan estas interacciones intrafirma y en el exterior de la misma, pues justamente los factores externos han modificado la trayectoria eco-innovadora de la empresa y han dirigido algunos esfuerzos hacia la administración de su conocimiento y tecnología.

El tema del aprendizaje en las firmas como depositario de las capacidades tecnológicas parece tener una base en problemas relacionados con la información, como se vio con anterioridad, y en particular por los trabajos de Fransmann (1994), quien establece justamente esta dimensión de ver a las firmas (depositarias de conocimiento) como una reacción a problemas de información. En este sentido, Fransmann parte de la definición de *información* —un punto no agotado por Bell, quien consideraba los flujos de información sin tener en cuenta que su asimetría puede modificar los patrones de adquisición y flujo del conocimiento— como aquellos datos relacionados con los estados del mundo y que están disponibles para usarse. Aquí el autor incluye una dimensión de información relevante e información procesada, y el oportunismo como ese elemento que motiva a los agentes a proporcionar información asimétrica y obtener algún beneficio de ello, relacionado con el concepto de costos de transacción de Coase (1937) y con los procesos de interiorización del conocimiento (espiral del conocimiento) de Nonaka y Takeuchi (1995), quienes desarrollan un modelo de creación de conocimiento organizacional que relaciona el conocimiento tácito y explícito con el individual y organizacional.

En este apartado vale la pena preguntarse si los problemas relacionados con el uso de la información pudieran afectar, y en qué medida, a una empresa química mexicana en sus procesos de aprendizaje y de creación del conocimiento, pues es importante

diferenciar entre noción de datos, información y conocimiento dentro de la firma.

Precisamente en la noción de los procesos de interiorización del conocimiento, Nonaka y Takeuchi (1995) utilizan la noción de *espiral del conocimiento* para explicar el proceso de creación de conocimientos en lo individual, grupal y de la organización productiva en su conjunto. La espiral comprende cuatro modos de interacción de los conocimientos tácitos y codificados. En primera instancia, la difusión de los saberes tácitos en el seno de los talleres y que denominan *socialización*. Sigue la *externalización*, que constituye la manera de codificarlos o explicitarlos. Posteriormente la *combinación*, que es el proceso por el cual se reconstituyen y sistematizan los conocimientos explícitos en el seno de la empresa, tomando en cuenta los que ya posee de manera codificada; y al final la *internalización*, que consiste en difundir y reintegrar el conjunto de conocimientos codificados en las prácticas y habilidades individuales y colectivas del personal. Se crean así nuevos conocimientos tácitos. Este movimiento continuo y sostenido representa un proceso de aprendizaje y de *creación organizacional de conocimientos*, es decir, de innovación en el sentido definido hasta este momento.

Como se verá en el apartado que se dedica a la metodología, Nhumo ha declarado que realiza actividades encaminadas a interiorizar el conocimiento explicado por la noción de esta espiral, pero, como se hará notar, podría ser tan sólo una visión parcial del fenómeno que podría concretarse a largo plazo para la empresa, ya que podrían existir algunos factores que inhibieran la consecución exitosa de estos procesos y la generación de innovaciones.

Para complementar la observación anterior, conviene ahora señalar el tema de la *capacidad de absorción* enunciado por Cohen y Levinthal (1990), quienes argumentan que las habilidades para explotar el conocimiento externo son un componente decisivo del aprendizaje y las capacidades innovadoras, y que dichas habilidades están en función del nivel de conocimientos preexistente, puesto que este último le proporciona a la firma la habilidad

para reconocer el valor de nueva información, así como para asimilarla y aplicarla con fines comerciales.

De manera colectiva, estas habilidades constituyen la *capacidad de absorción* de la firma. En resumen, podemos decir, con base en los autores mencionados, que las capacidades de aprendizaje comprenden el desarrollo de la capacidad para asimilar la base de conocimientos existente, mientras que las habilidades para resolver problemas representan la capacidad para crear nuevo conocimiento, y éste a su vez puede traducirse en aprendizaje. Para dichos autores, la simple noción de que el conocimiento previo es la fuente principal de la capacidad de absorción tiene importantes implicaciones para el desarrollo de dicha capacidad a lo largo del tiempo, y por ende para el desempeño innovador de las organizaciones.

En otras palabras, según estos autores, la capacidad de absorción acumulada en un periodo en una firma le posibilitará ser más eficiente en un siguiente periodo, además de que para ese momento ya poseerá cierta “experiencia” que le permitirá vislumbrar y discernir entre las diferentes oportunidades tecnológicas provenientes del entorno y las expectativas futuras que son específicas para cada caso y dependientes de la trayectoria que tomen.

Los autores sugieren que, alternativamente, este efecto de la capacidad de absorción en empresas con capacidad moderada tenderá a impulsar en la búsqueda de nuevas alternativas en respuesta a fallas en algún criterio de desempeño que no fue definido en términos del cambio tecnológico *per se* (por ejemplo, rentabilidad o posición en el mercado). Pero para desarrollar dicha capacidad de absorción, en general, es necesario contar con una fuente importante de generación de conocimiento, entendida como promoción de investigación y desarrollo (I+D); puesto que las firmas son sensibles a las características del ambiente de aprendizaje en que operan, los beneficios indirectos de la capacidad de absorción, dada su naturaleza intangible, dependen en algún grado de la inversión o cantidad de esfuerzo para desarrollar dicha variable.

De esta manera, identificar los conceptos de capacidad de absorción de Cohen y Levinthal nos permitiría conocer en alguna

medida si Nhumo aprovecha o no la ventaja de tener un socio tecnológico como Cabot Corp., líder mundial en la tecnología de fabricación de negro de humo; en otras palabras, si estar con “el mejor” le ha favorecido en algo en su capacidad de absorción de la tecnología, puesto que es un hecho que las actividades rutinarias y la experiencia productiva han generado en el personal de la empresa una base de conocimientos; lo que no resulta claro es si ha aumentado su capacidad de absorber nueva información que tenga repercusiones en lo económico y conseguir los objetivos estratégicos de la misma, que podrían traducirse en aprendizaje tecnológico colectivo.

En este mismo sentido, Cohen y Levinthal enuncian el gran riesgo que corre una organización al no desarrollar una capacidad de absorción adecuada debido a la dependencia que pudiera generar dicha condición (como podría ser, en el caso de Nhumo, no desarrollar I+D, puesto que cuenta con un socio tecnológico que le proporciona la información tecnológica que solicita y, por tanto, deja de favorecer el fortalecimiento de su capacidad de absorción), y dejar de asimilar y explotar nueva información, a pesar de que pudiera tener un gran valor al mostrarle riesgos y oportunidades.

Este efecto de *bloqueo* o *lock out* puede tener dos razones principales: primero, si la firma no desarrolla su capacidad de absorción en un periodo temprano, sus creencias acerca de las oportunidades tecnológicas presentes en su campo de conocimiento tenderán a no cambiar con el tiempo, puesto que la empresa no se daría cuenta de su importancia y podría modificar sus expectativas, por lo que le resultaría difícil dar marcha atrás. Y segundo, en este mismo sentido, estos *patrones de inercia* que mencionaron Nelson y Winter (1982) pueden emerger como un factor central en el comportamiento de la firma en forma de una implicación del comportamiento racional del modelo, en el que la capacidad de absorción es acumulativa (al igual que en la noción de aprendizaje tecnológico, dado el carácter de acumulatividad, se tiene el de incertidumbre). Así, el efecto de *lock-out* y la capacidad de reconversión están íntimamente relacionados, de ma-

nera que la falta de una capacidad real de absorber la información del entorno (e incluso la propia mediante la I+D) puede limitar la capacidad de reconvertir la empresa ante un cambio en el mercado o en la orientación del gusto de los consumidores hacia otros productos y no el de la empresa, dado el surgimiento de un nuevo paradigma tecnológico.

Un punto que es necesario mencionar y que se halla relacionado con el aprendizaje y la capacidad de absorción es el de “desaprendizaje” en el sentido expresado por Dogson (1993), que se basa en el análisis que hace de Clark y otros autores, como Villavicencio (1993) y Leonard-Barton (1995), relacionado con la práctica de “olvidar” comportamientos pasados que resultan redundantes o no exitosos en el presente y estar preparados para “reconvertirse” mediante la utilización de aquellas capacidades que sí serán útiles en el nuevo entorno. En este caso, puesto que son los individuos en una organización los que aprenden (a través de técnicas o métodos normalizados en la noción de rutinas), y de este modo la organización también aprende colectivamente a través de otras técnicas expresadas en la elaboración de reglas organizacionales que les permiten compartir y difundir el conocimiento, el aprendizaje que hay en la empresa (nuevas combinaciones de conocimiento) podría responder a estímulos externos y tener la capacidad de “olvidar” aquello que no fuese útil en un nuevo entorno, y “volver a aprender” aquello que le signifique un factor de supervivencia y adaptación a los ambientes cambiantes dados por nuevas combinaciones de tecnología y patrones innovadores. La noción anterior de “desaprender y reconvertirse” está relacionada con la de *rigideces centrales* de Leonard-Barton, y se abordará con más detalle en el apartado correspondiente a la construcción de capacidades tecnológicas.

### *Los tipos de conocimiento que coexisten en la empresa*

Diversos autores pueden identificar claramente los tipos de conocimiento que existen en una empresa como *codificados*, *tácitos*

y *codificables*. Villavicencio y Salinas (2002) realizan un resumen interesante sobre los tipos de conocimiento existentes en una firma, y definen los *conocimientos codificados* como el conjunto de leyes, principios y teorías que explican de manera sistematizada la realidad. Se encuentran “objetivados” en un soporte material (un libro, una máquina, un modelo) y disponibles a través de un lenguaje coherente e inteligible para las personas. Hacen mención de que cuando el conocimiento es codificado se transforma en bien público y pueden entonces transmitirlo al mercado aquellos que disponen de los códigos para interpretarlo, apropiárselo y usarlo. Por su parte, definen el *conocimiento tácito* como conocimientos prácticos, saberes adquiridos por cada individuo en vivencias previas a la vida laboral o durante la misma, pero que también se adquieren en experiencias de intercambio con otros individuos en el contexto de la empresa, de suerte que tienen un referente tanto individual como colectivo. También mencionan que el conocimiento tácito puede recaer en un individuo o en un grupo de individuos. El conocimiento tácito colectivo comprende las prácticas productivas individuales y las formas colectivas de regulación organizacional. Finalmente, los *conocimientos codificables* se traducen como aquellos conocimientos que siendo tácitos originalmente pueden codificarse o “articularse”, es decir, pueden explicarse y describirse, transferirse y almacenarse.

Dichos autores también plantean la noción de la codificación del conocimiento a través de las normas ISO y los sistemas de aseguramiento de calidad (SAC), pues los procesos de implantación suponen la elaboración de manuales y procedimientos, y ésta es una manera de codificar el conocimiento individual de los trabajadores para que forme parte de la memoria colectiva. Como se verá en el siguiente capítulo, los sistemas de gestión en la firma podrían tener un papel preponderante en los procesos de aprendizaje tecnológico ambiental dentro de la empresa.

### *Los niveles de aprendizaje en la firma*

El aprendizaje tecnológico tiene lugar en dos niveles principalmente: individual y organizacional, aunque algunos autores, como Nonaka y Takeuchi (1995), mencionan la existencia de un mayor número de *niveles de conocimiento*, en el ámbito *individual, grupal, organizacional e interorganizacional*, y es la interrelación de las dimensiones (tácito, etc.) con los niveles (grupal, etc.) lo que provoca el surgimiento de la espiral del conocimiento descrita en el apartado anterior, de un nivel bajo a uno alto. Para autores como Simon (1996), el aprendizaje primero tiene lugar en el nivel individual, dentro de las cabezas de los individuos, y existen dos modos de que la organización aprenda: uno, por el aprendizaje de sus miembros, y otro, al incorporar a miembros nuevos que tienen conocimiento que la organización no tuvo previamente. De esta manera, la definición del aprendizaje, y por tanto del conocimiento, es un asunto del individuo. Sin embargo, el aprendizaje individual es un fenómeno social: lo que un individuo aprende depende en gran medida de la base de conocimiento existente en la organización (que es la que genera reglas organizacionales). Así, aunque el aprendizaje de la organización ocurre a través de los individuos, existe consenso entre diversos autores de que el aprendizaje organizacional no es la suma del aprendizaje individual de los miembros de la firma (Villavicencio, 1995; Dutrénit, 2000).

### *El aprendizaje y las estructuras productivas*

En relación con el tema del conocimiento y las firmas, Lundvall (1992) considera que existe una relación importante entre el aprendizaje y las estructuras productivas. En este sentido, asume que el proceso de aprendizaje está en conexión con las actividades rutinarias en la producción, distribución y consumo, y produce una cantidad importante de insumos para el proceso de innovación. Las experiencias cotidianas de los trabajadores, in-

genieros de producción y representantes de ventas influyen en los programas de la empresa y determinan la dirección de los esfuerzos innovadores, y son quienes producen conocimientos e ideas que forman insumos cruciales para el proceso de innovación. Cuando se tienen problemas de “cuello de botella” en la producción o en el uso de un producto, los planes de producción cambian al afectar la dirección de los esfuerzos innovadores.

La noción anterior expresada por Lundvall nos permite establecer, para el caso de la empresa en estudio, de qué manera la experiencia cotidiana de la producción le ha permitido o no desarrollar capacidades de aprendizaje que deriven en la consecución de innovaciones en el sentido que se ha establecido. De esta manera, después analizaremos si el personal de la empresa ha “traducido” su experiencia cotidiana en la producción, en lo que denominaremos *oportunidades de aprendizaje tecnológico*, entendidas como las prácticas organizacionales producto del proceso de espiral del conocimiento que repercuten no sólo en el proceso productivo sino en las demás variables de estudio, que son la organización misma, el cambio tecnológico y la innovación. Un aspecto que hace pensar que Nhumo ha aprendido a desarrollar grandes capacidades de producción es que durante las entrevistas mostró un gran dominio sobre los problemas productivos frecuentes (cuellos de botella) en el seno de la empresa, y que le permiten tener una gran capacidad de toma de decisiones y resolución de problemas, a lo que se agrega la flexibilidad enunciada para adaptar sus planes de producción a las necesidades de los clientes y las expectativas del mercado.

La experiencia cotidiana también incrementa el conocimiento técnico y proporciona ideas sobre la dirección en que deben buscarse soluciones. Tales actividades comprenden el *aprender haciendo*, que incrementa la eficiencia de las operaciones de producción (Arrow, 1962); *aprender usando*, que incrementa la eficiencia en el uso de sistemas complejos (Rosenberg, 1982); y *aprender interactuando*, que involucra a los usuarios y productores en una interacción que resulta en innovación de productos. A su vez, Lundvall establece que si la innovación refleja aprendiza-

je, y si el aprendizaje emana parcialmente de las actividades rutinarias, entonces la innovación debería ser parte importante de la estructura económica actual. En este sentido, uno de los hallazgos más significativos del trabajo de campo en este tema es el relacionado con las actividades de aprendizaje que Nhumo realiza de manera consciente, y las que aún no ha aprovechado de modo consistente para dirigir sus esfuerzos innovadores producto del aprovechamiento de la fuente de las actividades rutinarias de producción, que le permitirían tentativamente favorecer el desarrollo de capacidades tecnológicas innovadoras.

En este mismo apartado, los trabajos de Ruffier (1996) sobre la noción de *eficiencia productiva* de un sistema productivo complejo mencionan que debe entenderse como el nivel de aptitud obtenido de la capacidad de movilizar los recursos humanos y no humanos para producir objetos o servicios en la forma y los costos requeridos por la demanda. Dicha noción de aptitud obtenida se refiere a la capacidad de transformar los equipos de la organización (y cómo las capacidades tienen su fundamento en el aprendizaje) en función de la evolución del entorno, y a cómo la memoria de los artefactos físicos (sistemas productivos) es una parte del capital tecnológico de la empresa. Este autor también destaca el papel que tienen algunas herramientas de gestión, como la *producción ajustada* o *lean production* (para el caso de la industria automotriz), la *reingeniería* y la *mejora continua* como promotores de la eficiencia en la empresa, y en algún grado fuentes y en algunos casos limitantes de la innovación en la empresa. En el caso de la producción ajustada, uno de sus puntos fuertes es el papel que desempeña al fijar los precios en función de la producción y no del consumo. Para la reingeniería, tiene el gran defecto de no considerar ni la necesidad ni la dificultad de constituir el capital tecnológico de la empresa al no tener en cuenta los recursos “inmateriales” indispensables para la evolución de los sistemas que se pretende reformar. En fin, la mejora continua constituye una práctica más cercana a la de la eficiencia productiva, pues corresponde a la idea de que un sistema productivo se construye poco a poco y adquiere con el tiempo las cualidades que le

permiten mejorar , y en su caso motivar más y mejores cambios en la empresa.

Como se tratará en el estudio de caso, la noción anterior es importante en el sentido de que para una empresa química mexicana como Nhumo la noción de eficiencia productiva, aunada a un comportamiento de respeto e integración con el medio ambiente (en la visión de desarrollo sustentable), le puede ayudar a generar y acumular una serie de capacidades productivas, así como ciertas capacidades tecnológicas que hasta el momento han determinado su trayectoria tecnológica y que le permiten competir satisfactoriamente en el mercado (afirmación de la empresa, con base en las entrevistas realizadas), pero que no necesariamente le garantizarán su permanencia en el mercado futuro en el caso de que aparezcan nuevos productos o nuevas trayectorias tecnológicas, con su base de conocimiento existente así como con su capital tecnológico.

### *Las actividades de aprendizaje en la firma*

Algunos autores, como Villavicencio (1993), consideran que además de los factores inherentes a la información y el conocimiento, existen otros que deben considerarse, como los actores del aprendizaje tecnológico en la firma. Dicho autor se pregunta si las interacciones entre ellos pueden derivar en innovaciones y en aprendizaje tecnológico. Los procesos colectivos de aprendizaje son la suma de los aprendizajes individuales de los diferentes actores. Diversos estudios han demostrado la importancia del aprendizaje sobre la marcha y la reingeniería (por ejemplo) como fundamentos de un proceso de aprendizaje tecnológico (con un alto contenido tácito de este proceso, aprender haciendo). Se identifican algunos elementos clave para el aprendizaje tecnológico, como el momento de la concepción e instalación de la forma tecnológica o su puesta en marcha.

Por su parte, Villavicencio y Arvanitis (1994) definen el aprendizaje como la acumulación de experiencias que conforman un

CUADRO 1. *Actividades de aprendizaje tecnológico comunes para la industria química*

---

<i>Actividades de aprendizaje tecnológico</i>
1. Búsqueda de opciones tecnológicas
2. Negociación de tecnología
3. Desarrollo de nuevos productos
4. Adaptación, modificación de maquinaria y equipos
5. Fabricación propia de repuestos y equipos
6. Diseño original de procesos

---

FUENTE: Villavicencio y Arvanitis (1994).

acervo de la empresa, y en este sentido establecen la noción de *aprendizaje tecnológico* para la empresa como el mecanismo fundamental por el que se logran experiencias que más tarde podrán usarse para obtener nuevos resultados. Como se mostrará en el capítulo relacionado con el estudio de caso, la articulación de este tipo de actividades es lo que permite a una empresa acumular y crear nuevo conocimiento, es decir, innovar (o, en nuestro caso, eco-innovar), pero no basta con que la empresa desarrolle sólo una u otra actividad, sino que debe ser producto de la interacción de todas ellas, y para el caso de la compañía Nhumo podría existir una carencia de interacción de sus actividades de aprendizaje, o incluso una falta de actividades de aprendizaje que le permita generar innovaciones y permanecer en el *status* de cambios en su proceso productivo.

Producto del análisis de diversos estudios empíricos, estos autores elaboraron un esquema de las conductas empresariales en la industria química venezolana para modificar el uso de su tecnología. Estas actividades se encuentran expresadas en el cuadro 1, y de manera más específica fueron definidas de la siguiente manera: la *búsqueda de información especializada de opciones tecnológicas* supone, en términos generales, que una empresa está en estado de alerta respecto de los múltiples oferentes de soluciones tecnológicas, e incluye visitas a plantas, participación en fe-

rias y congresos, suscripción a bases de datos, etc. La *negociación de tecnología*, dependiendo del tipo de empresa, puede considerarse como la negociación de cláusulas de un contrato o puede ser la negociación inteligente que llega a “desempaquetar” una oferta de tecnología. En el caso de la *adaptación o modificación de equipos, partes y piezas*, para muchos autores es la principal actividad del aprendizaje de las empresas en los países en desarrollo, mientras que la *fabricación propia de equipos y partes* se encuentra a menudo en empresas que confrontan problemas de abastecimiento de equipos y partes. El *desarrollo de nuevos productos* cubre varias actividades, tales como: la copia de productos, la modificación de fórmulas y el desarrollo genuino de un nuevo producto, sea éste un producto nuevo para dicha empresa y su mercado o un producto de mayor trascendencia. Finalmente, el *diseño de procesos nuevos* en industrias de alto componente científico, como electrónica, telecomunicaciones y automotriz, o en industrias de proceso como la química, esta actividad es compleja. Se trata de varias actividades que modifican profundamente el proceso productivo. En general, se necesita una capacidad de concepción y diseño, producto de las actividades de la unidad de ingeniería o de investigación y desarrollo (Villavicencio y Arvanitis *et al.*, 1995).

De manera más general, para Leonard-Barton (1995), de las cuatro actividades de aprendizaje que crean conocimiento, tres están orientadas hacia el interior de la firma:

1. Un proceso creativo de resolución de problemas (para la producción actual);
2. Implantación e integración de nuevas metodologías y herramientas (para incrementar las operaciones internas), y
3. La experimentación formal e informal (para la creación de actividades en el futuro). Mientras que la actividad final se encuentra en el exterior de la empresa:
4. Reclutar a los expertos del exterior para importar conocimiento.

Los estudios de Villavicencio (1993) demuestran que si el aprendizaje tecnológico es un proceso acumulativo, colectivo, de acumulación de conocimientos y experiencias, entonces se sustenta en los modos de articulación de los diferentes componentes tecnológicos (característicos de cada firma), así como en los modos de interrelación de los diferentes actores de la producción.

Villavicencio enuncia que es importante destacar el papel de las *trayectorias tecnológicas* (en el sentido de este proceso acumulativo) y sus *discontinuidades*, asociadas con la manera de tomar decisiones tecnológicas. Por otra parte, también es importante el estudio de la propia organización, pues las diferentes pautas de comportamiento (social) de los actores pueden modificar o no los procesos de transmisión y circulación del conocimiento. De manera complementaria, y en una etapa histórica anterior, el análisis de Dosi (1982) ya destacaba el papel de los *paradigmas tecnológicos* por su poderoso *efecto de exclusión*, que hace que los actores de la firma puedan dejar de ver otras oportunidades tecnológicas al dirigir sus esfuerzos en la dirección precisa de su *trayectoria tecnológica*. Y como se mostrará posteriormente, el papel que desempeña la trayectoria tecnológica en el caso de una industria madura, como lo es la petroquímica, aunado a la naturaleza de producción de *commodities*, que son del dominio público y de bajo valor agregado, podría representar ciertas inercias o tendencias que le impedirían tomar una nueva trayectoria tecnológica en el caso del surgimiento de un nuevo paradigma. En virtud de la naturaleza de Nhumo, este tipo de trayectorias estarían determinadas por la composición de los actores de la organización, pues, como se mencionó con anterioridad, son ellos los que dejarían de vislumbrar oportunidades tecnológicas diferentes en la industria petroquímica, como en el caso del surgimiento de trayectorias complementarias a la trayectoria de negro de humo por productos complementarios o sustitutos, lo cual acentuaría el efecto de exclusión y determinaría cierta inercia dada la tecnología disponible y las condiciones de mercado dominantes en ese momento supuesto.

*Aprendizaje tecnológico  
en la industria química mexicana*

En un estudio sobre aprendizaje tecnológico en la industria química mexicana (Villavicencio, Arvanitis *et al.*, 1995), el único referente cercano para el análisis de Nhumo, destaca que dicho proceso social dinámico y acumulativo de generación y difusión de conocimiento tecnológico (C. T.) en las empresas está estrechamente relacionado con la dinámica interna de la misma, que depende de varios factores (véase figura 1):

a) Los conocimientos y las experiencias que poseen y desarrollan diferentes actores de la empresa y que son capaces de movilizar para la generación de nuevo conocimiento.

b) La difusión e intercambio del conocimiento en el seno de la empresa a través de interrelaciones con actores dentro y fuera de ella, lo cual implica el establecimiento de canales de comunicación confiables y duraderos.

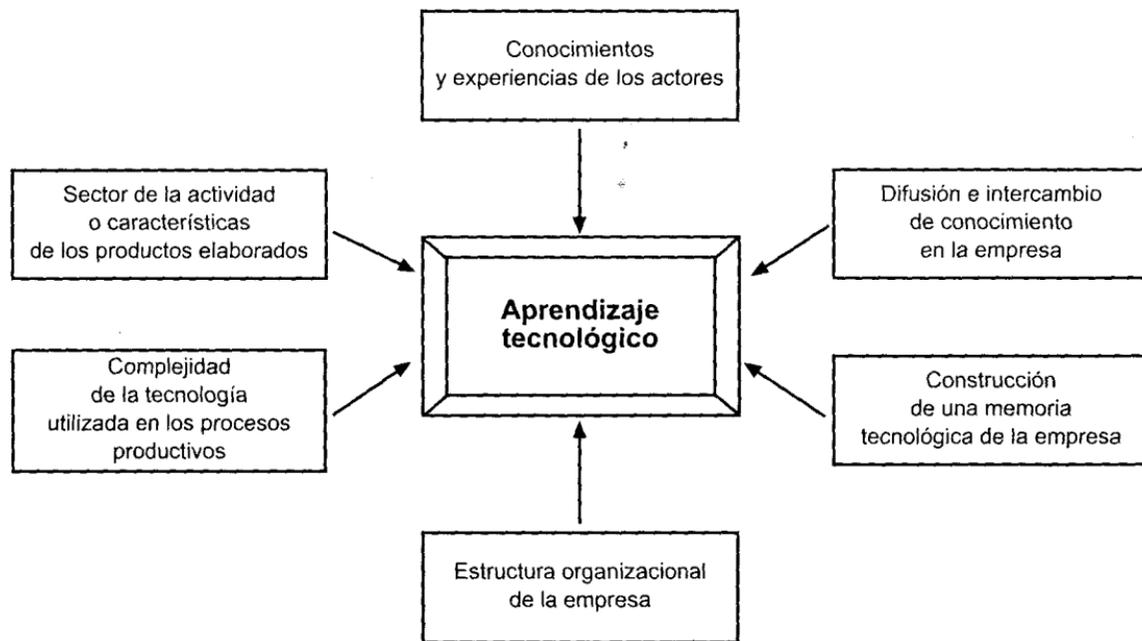
c) La perpetuación de esos procesos que permiten la construcción de una memoria tecnológica reforzando la adquisición y generación del C. T. en la empresa.

d) La estructura organizativa de las empresas, pues no todas ellas se dotan de normas y reglas que permiten el acceso y difusión del C. T. por parte de los actores, ni la acumulación de experiencias de aprendizaje.

e) La complejidad de la tecnología utilizada en los procesos productivos —procesos mecánicos o automatizados—, ligada al grado de madurez de la tecnología o a la frontera alcanzada a nivel internacional, así como al carácter de la apropiabilidad, estandarización y dificultades de acceso a ella.

f) El sector de actividad en el que se encuentran o las características de los productos que elaboran, que pueden ser productos que requieren un alto grado de contenido tecnológico, de especialización y precisión, o a la inversa, productos estandarizados con bajos niveles de incorporación de conocimiento [Villavicencio, Arvanitis *et al.*, 1995].

FIGURA 1. Interrelación de los diversos componentes que motivan el aprendizaje tecnológico en la empresa



FUENTE: elaboración propia a partir de Villavicencio *et al.* (1995).

Los aspectos anteriores conforman las fortalezas de la empresa, en la medida en que se articulan y conjugan con estrategias explícitas de innovación, aunadas a la definición de la estrategia de negocios y tecnológico-ambiental de la empresa. En otro trabajo de Arvanitis y Villavicencio (1995) mencionado con anterioridad se define y discute la forma en que las capacidades de la empresa se traducen en estrategias de aprendizaje tecnológico que se circunscriben dentro de la empresa, y cómo el entorno puede motivar la inhibición de su desarrollo. En este sentido, la relación entre estos factores, conjugada con factores externos a la empresa, condicionan los resultados de dicho proceso de aprendizaje.

Los principales hallazgos del trabajo de Villavicencio, Arvanitis *et al.* (1995), para el caso de la industria química mexicana, mostraron que las empresas tienen una importante actividad interna de aprendizaje tecnológico, que en parte se debe a las experiencias de aprendizaje acumuladas en dichos procesos. De manera que los mecanismos de copia, mejoras y modificaciones menores a productos y procesos productivos, y en mucho menor medida las innovaciones incrementales, condicionan la caracterización de la industria como moderadamente innovadora de parte de los autores. Se encontró que la I+D y la ingeniería de las empresas eran utilizadas sobre todo para resolver los problemas de adaptación y modificación de maquinaria, piezas y partes que el mercado de proveedores no era capaz de cubrir, y que, dadas las condiciones de mercado de reciente apertura, no era posible encontrar con facilidad. Por tanto, la necesidad de adoptar estrategias empresariales que movilizaran ese aprendizaje tecnológico hacia la innovación surgió como un elemento importante para estudiar a futuro, mediante la mejora de las capacidades internas de las empresas en el marco de un *medio innovador* que lo favoreciera.

## La construcción de capacidades tecnológicas

El tema de la construcción de capacidades puede entenderse en gran medida por los mecanismos de aprendizaje y de acumulación tecnológica dentro de la firma. En este sentido, el mismo trabajo de Bell enunciado en apartados anteriores permite establecer un marco para integrar la definición de las formas de adquisición de conocimiento, es decir, las formas de aprendizaje y la acumulación de capacidades tecnológicas en las empresas.

Partiendo de una definición de aprendizaje en el contexto del cambio tecnológico, a diferencia del uso común del término, Bell establece que se trata de los procesos de adquisición de habilidades técnicas adicionales y conocimiento por los individuos y, por medio de ellos, por las organizaciones. Se trata, entonces, de un proceso de acumulación en el sentido de que la acumulación tecnológica (aprendizaje) precede a la capacidad tecnológica, el cambio técnico, la capacidad de producción y, por ende, a la capacidad industrial. De esta manera, las características centrales de la acumulación tecnológica comprenden variables de: conocimiento tácito y científico, importancia central en los negocios de las firmas, relación entre empresas, acumulatividad, discontinuidad del cambio técnico, tipos de aprendizaje, etcétera.

Para Bell, este proceso de adquisición de habilidades y conocimiento se basa en gran medida en la experiencia: *aprender haciendo*. La ejecución de tareas de producción en un periodo determinado genera un flujo de información y entendimiento que permite que dicha ejecución mejore en ocasiones subsecuentes. Este flujo de aprendizaje es visto, por tanto, como un proceso de retroalimentación que opera dentro de todas las actividades productivas con algunos componentes característicos: uno, el flujo de información que estimula la búsqueda de la mejora (continua), y dos, el flujo de entendimiento y conocimiento acerca de cómo puede efectuarse el cambio. Así, se tiene que a partir de la realización de las actividades de producción se genera un flujo de conocimiento acerca del modo en que se desarrolla dicho proceso; y de manera general puede decirse que el aprendizaje se ha

convertido en una referencia de la manera en que una firma incrementa su capacidad para administrar tecnología y poner en práctica el cambio técnico.

En el contexto de los mecanismos de aprendizaje, es decir, las diferentes formas en que se puede llevar a cabo dicho proceso de adquisición de conocimiento, el propio Bell (1984) establece que el aprendizaje basado en *hacer* es particularmente un mecanismo importante para aumentar las capacidades tecnológicas, y es necesario en muchas fases del desarrollo tecnológico (aun cuando no es una condición suficiente). Existen algunos otros mecanismos de aprendizaje como *aprender por operar*, *aprender por el cambio*, *aprender por el entrenamiento*, *aprender por la adquisición externa* (por ejemplo, contratando elementos clave) y *aprender por búsqueda*. Otro punto importante que destaca Bell (1984) se refiere a la eficiencia o la ineficiencia de los medios para adquirir conocimiento, pues en diversos estudios se ha demostrado que las experiencias pasivas de adquisición de conocimiento suelen ser formas lentas de acumulación de ciertos tipos de capacidades tecnológicas, lo que aumenta los costos y los riesgos. Existen, además, otros mecanismos que influyen, según Bell, en las formas de acumulación tecnológica que dependen de factores externos a la firma, en este caso, la estructura de mercado y la competitividad, el gobierno y las fallas de mercado, impacto económico de la actividad académica, políticas públicas de intervención y discontinuidad tecnológica, así como las instituciones.

Si el conocimiento, resultado del aprendizaje, permite crear capacidades, es decir, aquello que distingue a la empresa, ya sea facilitando procesos o llevándolos a cabo, y las capacidades a su vez se muestran como habilidades para hacer cosas, entonces es conveniente analizar el concepto de capacidades tecnológicas en el contexto de las firmas y cuestionar por qué sería importante para una empresa química mexicana como Nhumo generar procesos que le permitan aprender y en qué medida, pues no todo lo que se aprende genera capacidades ni se traduce en acumulación tecnológica, en el sentido de que en ocasiones es necesario “desaprender” para poder construir un nuevo puente con las oportu-

nidades tecnológicas, productivas y del entorno en general que está cambiando.

Para diversos autores, como Prahalad y Hamel (1990) y Leonard-Barton (1995), las *capacidades tecnológicas centrales* son las habilidades que distinguen a la firma competitivamente y le permiten crear una ventaja sostenida basada en la tecnología en un contexto cambiante. Estas capacidades están conformadas por un conjunto de habilidades tecnológicas, activos complementarios y rutinas organizacionales que son distintivas de la empresa. Las capacidades centrales determinan la habilidad para sobrevivir, adaptarse y competir en mercados cambiantes, y crecen con las acciones de la empresa. Es necesario que los líderes de la organización identifiquen y pongan en práctica actividades que generen conocimiento que pueda ser absorbido y retenido por los empleados de la firma para mantener el carácter evolutivo y retener su esencia de creación de ventajas competitivas sostenidas.

En este mismo sentido, Leonard-Barton (1995) también sugiere que el término de capacidades tecnológicas se use para incorporar al sistema de actividades las dimensiones del conocimiento, las cuales son: *habilidades y conocimiento*, *sistemas técnicos* (estas dos funcionan como competencias del sistema dinámico), *sistemas de administración y valores y normas* (estas últimas se usan como mecanismos de control del conocimiento), que crean una ventaja para la empresa o línea de negocios.

Un aspecto menos visible y tangible enunciado por la autora para crear capacidades es el alto grado de conocimiento tácito que suponen las actividades desarrolladas por los individuos, pues éste se convierte en un bien intangible para la firma y virtualmente imposible de imitar, al contrario de los sistemas físicos. Y complementados con los valores de la empresa, dichos bienes intangibles resultan significativos en la capacidad distintiva que la firma hubiera creado, y de alguna manera ésta es una característica primordial de las capacidades tecnológicas centrales, que son, por tanto, difícilmente imitables.

Es necesario distinguir entre las *capacidades tecnológicas rutinarias de producción* —en la literatura, las capacidades tecnológicas

cas básicas frecuentemente se expresan como capacidades de producción— y las *capacidades tecnológicas innovadoras*, a partir de la distinción entre el tipo de conocimiento y las habilidades necesarias para operar un sistema de producción determinado y el tipo de conocimiento requerido para modificarlo (Bell y Pavitt, 1995).

Las *capacidades tecnológicas de producción rutinarias* sirven para usar y operar la tecnología existente. La finalidad de las *capacidades tecnológicas innovadoras* es generar y administrar el cambio técnico. Un nivel básico de capacidades innovadoras podría permitir sólo una contribución al cambio relativamente menor e incremental; pero en los niveles intermedios y avanzados, las capacidades tecnológicas podrían tener una contribución al cambio más sustancial, novedosa e inclusive con fines de mercado e impacto económico (Dutrénit, 2000; Dutrénit y Vera-cruz, 2001).

Bell y Pavitt (1995) construyeron una nueva *taxonomía de capacidades tecnológicas* que distingue las principales capacidades tecnológicas según el grado de innovación. Enfatiza las diferencias que existen entre las capacidades tecnológicas básicas de producción y las capacidades tecnológicas innovadoras. La matriz mostrada en el cuadro 2 incluye cuatro niveles de acumulación de capacidades tecnológicas: *capacidades tecnológicas rutinarias de producción*, y tres niveles de capacidades tecnológicas innovadoras: *básicas*, *intermedias* y *avanzadas* (Dutrénit y Vera-cruz, 2001), y fue utilizada para definir el perfil de las capacidades tecnológicas de la empresa en estudio que se describirán en el capítulo IV de este trabajo.

Dutrénit y Vera-cruz mencionan que la taxonomía es un marco analítico útil que permite identificar el perfil de las capacidades tecnológicas de cada firma, e incluso analizar los perfiles por industria o por tipo de empresa. Sin embargo, la acumulación es más desigual de la que se insinúa en la taxonomía, y las empresas acumulan más capacidades tecnológicas en unas funciones que en otras.

Como se vio en el apartado de nociones de aprendizaje tecnológico, existen algunos factores inherentes a la organización

misma y a las interrelaciones (sociales) entre los diferentes actores que pueden modificar el comportamiento innovador de la firma y los mecanismos de transmisión y difusión del conocimiento. En este marco de referencia la taxonomía de capacidades tecnológicas enunciada con anterioridad presenta una limitante para el propósito de estudio de esta investigación al no considerar explícitamente las capacidades organizacionales, que pueden motivar innovaciones de este tipo al centrarse más en detalle en las capacidades de producción y tecnológicas.

Si consideramos que una de las variables de estudio se centra en el *proceso productivo*, por un lado, y por el otro que la introducción de cambios significativos lo hace en la variable *organizacional* mediante la implementación de sistemas administrativos tecnológico-ambientales novedosos, orientaciones estratégicas corporativas nuevas o significativamente diferentes, entonces concluiríamos que estas herramientas o reglas de la organización podrían verse modificadas por las interacciones entre los diferentes actores de la empresa y las articulaciones de los componentes tecnológicos a lo largo del tiempo, pues hay un sentido de acumulatividad de los procesos que hemos enunciado con las nociones de Dosi, Cohen y Levinthal, Villavicencio, en la forma de acumulación de los procesos, trayectorias y discontinuidades tecnológicas y acumulación de capacidades, que en determinado momento, si la organización ya no lo requiere, pueden ser desaprendidas.

Otro punto que no considera la matriz elegida para analizar las capacidades de la empresa es la variable mercado, pues a pesar de que se consideran los vínculos con el exterior en la forma de mecanismos de cooperación y absorción de conocimiento, no se denota claramente la especificidad de los mercados y los sectores. Sin embargo, sí se reconoce que una firma puede acumular más capacidades en un sentido que en otro, y que este comportamiento es desigual, de manera que se podría inferir esta noción puesto que no todas las empresas estarían en condiciones de cumplir con todos los casilleros, dados sus trayectorias acumuladas y los procesos de aprendizaje previos. A pesar de estas limitantes, es un marco de referencia pertinente para comparar a la empresa

CUADRO 2. Matriz de capacidades tecnológicas

Niveles de capacidades	Funciones técnicas primarias				Funciones técnicas de soporte	
	Inversión		Producción		Vinculación externa	Producción de bienes de capital
	Toma de decisiones y control	Preparación y ejecución del proyecto	Centrada en los procesos y en la organización de la producción	Centrada en el producto		
Capacidades de producción rutinarias: capacidades para usar y operar la tecnología existente						
Capacidades operativas básicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimación de desembolsos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planeación del protocolo</li> <li>• Preparación del protocolo</li> <li>• Acondicionamiento del terreno</li> <li>• Construcción de la obra civil básica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operación rutinaria y mantenimiento básico de instalaciones</li> <li>• Mejora de la eficiencia a partir de la experiencia en tareas existentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réplica de especificaciones y diseños fijos</li> <li>• Control de calidad rutinario para mantener los estándares y las especificaciones existentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Búsqueda de insumos disponibles de proveedores existentes</li> <li>• Venta de productos existentes a clientes nuevos y existentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réplica simple de especificaciones de planta y maquinaria</li> </ul>

Capacidades tecnológicas innovadoras: capacidades para generar y administrar el cambio técnico

Capacidades innovadoras básicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo activo y control de:</li> <li>• estudios de factibilidad</li> <li>• selección de tecnología/proveedores</li> <li>• programación de actividades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios de factibilidad</li> <li>• Búsqueda de equipo estándar</li> <li>• Ingeniería básica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Designación de grupos de trabajo para hacer pruebas y eliminar fallas</li> <li>• Mejora del <i>layout</i>, programación y mantenimiento</li> <li>• Adaptaciones menores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptaciones menores a las necesidades del mercado y mejoras incrementales en la calidad del producto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Búsqueda y absorción de información nueva de proveedores, clientes e instituciones locales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Copia de nuevos tipos de planta y maquinaria</li> <li>• Adaptación simple de diseños y especificaciones ya existentes</li> </ul>
Capacidades innovadoras intermedias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Búsqueda, evaluación y selección de tecnología/proveedores</li> <li>• Negociación con proveedores</li> <li>• Administración del proyecto completo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniería de detalle</li> <li>• Adquisición de equipo</li> <li>• Estudios de medio ambiente</li> <li>• Administración y seguimiento del proyecto</li> <li>• Designación del grupo de trabajo</li> <li>• Capacitación y reclutamiento</li> <li>• Puesta en marcha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora del proceso y aumento de capacidades de producto</li> <li>• Licenciamiento de nueva tecnología</li> <li>• Introducción de cambios organizacionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Licenciamiento de nueva tecnología de producto y/o ingeniería inversa</li> <li>• Diseño incremental de nuevos productos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transferencia de tecnología a proveedores y clientes para incrementar eficiencia, calidad y abastecimiento local</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejoras menores a partir de ingeniería inversa</li> <li>• Diseño original de planta y maquinaria</li> </ul>

---

CUADRO 2 (concluye)

Niveles de capacidades	Funciones técnicas primarias				Funciones técnicas de soporte	
	Inversión		Producción		Vinculación externa	Producción de bienes de capital
	Toma de decisiones y control	Preparación y ejecución del proyecto	Centrada en los procesos y en la organización de la producción	Centrada en el producto		
Capacidades innovadoras avanzadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de nuevos sistemas de producción y componentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño de procesos y desarrollo de la I+D relacionada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Innovaciones de proceso e I+D relacionada</li> <li>Innovaciones radicales en la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Innovación de producto y desarrollo de la I+D relacionada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colaboración en desarrollos tecnológicos con proveedores, clientes y socios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>I+D orientada a establecer especificaciones y diseño de nuevas plantas y maquinaria</li> </ul>

FUENTE: Dutrénit, Vera-cruz (2001), con base en Bell y Pavitt (1995).

analizada, pues no se trata de un modelo que tenga que ser lineal y consecutivo.

El Manual de Bogotá (2001), que es un esfuerzo por definir indicadores de innovación tecnológica para los países latinoamericanos en un esquema similar al Manual de Oslo de la OCDE, establece un marco de análisis para el tema del desarrollo de capacidades tecnológicas para las firmas de estos países. Menciona que la mayoría de las empresas en los países en desarrollo (PED) domina total o parcialmente las “capacidades de producción”, las cuales comprenden la gestión productiva —la capacidad para monitorear y mejorar la operación de las plantas instaladas, la ingeniería de producción—, la obtención y empleo de la información requerida para optimizar operaciones, el mantenimiento y reparación del capital físico, y el descubrimiento de nuevos usos y mercados para los productos existentes, pero sólo un grupo más reducido de firmas ha desarrollado y alcanzado “capacidades de innovación”, que consisten en crear nuevas posibilidades técnicas y llevarlas a la práctica económica. El término abarca las actividades de invención e innovación e incluye las mejoras en las tecnologías existentes. La mayor parte de la actividad innovativa en los PED consiste en innovaciones menores (modificación o mejoras de tecnologías existentes), aunque éstas pueden llevar a grandes aumentos de productividad en algunos casos.

Por último, Leonard-Barton (1992 y 1995) considera que si las capacidades tecnológicas son importantes para construir una memoria colectiva y un capital tecnológico para la empresa, el papel de las *rigideces centrales* es igualmente importante, pues se construyen a partir de las mismas actividades que favorecen la creación de las capacidades tecnológicas, sólo que en una especie de “mutación” que muestran al mismo tiempo las “debilidades” de la firma. Las actividades por sí mismas —resolución de problemas, implantación de nuevos procesos, experimentación e importación de conocimiento desde el exterior— son esencialmente neutrales e incapaces de desarrollar nuevos productos o procesos. Depende de la administración de estas actividades la determinación de fomentar o inhibir el flujo de conocimiento

fundamental para la firma. Las actividades de inhibición del conocimiento están, por tanto, relacionadas con las debilidades construidas al mismo tiempo que con las fortalezas y se relacionan con varios puntos:

1) *Una limitada capacidad para resolver problemas*; en este caso, una decisión en el pasado pudo determinar una trayectoria o estrategia tecnológica que afecta la toma de decisiones del presente y con ello modifica el futuro tecnológico (ambiental).

2) *Imposibilidad para innovar con nuevos métodos y herramientas*, que se manifiesta dentro de la organización aun cuando algunos individuos pudieran reconocer la necesidad de un proceso de innovación.

3) *Experimentación limitada*, cuando la extensión del conocimiento fluye a través de patrones bien definidos en lugar de crear nuevas opciones para la firma.

4) *Búsqueda externa de nuevo conocimiento*, puesto que los canales por donde fluye el nuevo conocimiento se ven limitados por la base de conocimiento existente, que pudiera limitar su importancia.

En este sentido, Nhumo pudo surgir de un proceso de reconversión, como se infiere del estudio de caso, al aprovechar las capacidades construidas hasta ese momento, y reconvertirse luego ante las rigideces centrales presentadas por el cambio de entorno, la movilización física de la planta productiva y la llegada de un nuevo socio tecnológico. Pudieran ser justamente las fortalezas y debilidades encontradas para la empresa, a partir del análisis FODA del estudio de caso, la manera de definir las capacidades y rigideces tecnológicas centrales para Nhumo, y que servirían de base para integrar diversas variables en dicho proceso, como la variable ambiental.

## El papel de la innovación tecnológica

El tema de la innovación de productos, procesos y servicios ha incrementado su importancia para la cartera de I+D de las empresas que han buscado incrementar su competitividad y desempeño en años recientes. Por parte de la academia también parece haber aumentado el interés por encontrar suficiente evidencia empírica y realizar inferencias generales respecto al comportamiento estratégico de las firmas innovadoras en materia de productos, procesos y servicios. Este último motivo es el utilizado para tratar de entender cómo una empresa como Nhumo pudiera tener una dinámica eco-innovadora que le permitiera, en su caso, obtener ventajas de ello sobre sus competidores.

En la dinámica innovadora, los trabajos de Schumpeter (Vergara, 1985) contribuyeron en gran medida a modificar la teoría de desarrollo económico que prevalecía hasta ese momento histórico. Al reconocer este autor el carácter de la *invención* como la generación de conocimientos nuevos y de la *innovación* como el soporte del desenvolvimiento económico y la invención o mejora de ese “algo” que lo hacen tener un impacto económico, marcó la pauta para futuros trabajos que reconocerían el papel trascendental de la innovación como motor económico, en especial la *innovación radical*—que una vez que impacta económicamente, cambia el entorno económico y sugiere nuevas pautas de conducta de la firma—. Pero, como se verá con posterioridad para el caso de la empresa en estudio, ésta no realiza investigación y desarrollo, sino que cuenta con un socio tecnológico que aparentemente le brinda los requerimientos de información tecnológica y asistencia para realizar cambios o mejoras en el proceso, lo cual limita el desarrollo de innovaciones de producto en el sentido schumpeteriano si atendemos a la noción de novedad que utilizaremos para el marco de referencia que se mencionará a continuación.

Con el objeto de tener una idea más clara de lo que entenderemos por *innovación tecnológica*, de acuerdo con el Manual de Oslo (OCDE, 1994), la *innovación tecnológica de producto* es la

implementación y/o comercialización de un producto con características de desempeño mejoradas, como entregar servicios nuevos o mejorados al consumidor. La *innovación tecnológica de proceso* es la implementación y/o adopción de métodos de producción o entrega de nuevos o significativamente mejorados; puede comprender cambios en equipos, recursos humanos, métodos de producción o combinaciones entre éstos. En resumen: las innovaciones tecnológicas en producto y proceso comprenden la implementación de nuevos procesos y productos tecnológicos y mejoras tecnológicas significativas en los mismos. La condición de *implementación* se cumple cuando la innovación ha sido introducida en el mercado. Este tipo de innovaciones comprende una serie de actividades científicas, tecnológicas, organizacionales, financieras y comerciales. Ahora bien, el grado o alcance de la innovación es diferente según se trate de las dimensiones mundial, nacional y para la empresa, puesto que ocurre cuando la empresa pone en práctica una innovación por primera vez en la firma, pero puede ser nueva para ella y no para la nación o para el mundo. O bien, en el caso extremo, incluso podría no tratarse de una innovación en el supuesto de que no represente un cambio significativo, realice un cambio sin mayor trascendencia o carezca de mejoras creativas.

En este mismo manual se distingue entre la innovación tecnológica, la innovación organizacional y otros cambios en productos y en el proceso productivo, que resulta conveniente retomar para el propósito del presente estudio. De esta manera, la *innovación organizacional* constituye la introducción de cambios significativos en las estructuras organizacionales, la implementación de técnicas de administración avanzadas y de orientaciones estratégicas corporativas nuevas o modificadas de manera sustancial. Por su parte, *los cambios en producto y proceso* se refieren a aquellos cambios, menores o que no representan un grado de novedad suficiente si se le compara con el *estado del arte* actual, así como los cambios que provocan otras mejoras creativas en las que la novedad no se refiere al uso o desempeño objetivo de características de los productos o al modo en que son pro-

ducidos o entregados, a pesar de sus cualidades subjetivas y estéticas.

Desde el punto de vista de la EIRMA (1996), las características clave de las *innovaciones incrementales* son:

- No son negociadas sobre la base de inversión o acercamiento organizacional existente, sino que ya están aceptadas en la compañía.
- El ambiente competitivo, clientes y mercados son conocidos ampliamente.
- El negocio es capaz de proporcionar una definición del alcance o concepto; existe información cuantitativa del mercado sobre productos relacionados.
- Las competencias necesarias del equipo de trabajo existen en la compañía.
- El desarrollo de procesos se percibe como racional; existen herramientas establecidas para apoyar la planeación, la determinación de prioridades y la ejecución.
- Se lleva a cabo dentro de lo existente si la organización está cambiando.
- Los costos de productos y procesos son cruciales; la constante presión competitiva en los márgenes hace que este punto sea cada vez más importante.

El punto anterior demuestra que contar con innovaciones incrementales será insuficiente para seguir siendo competitivo en el largo plazo, puesto que las presiones financieras y de recursos deben encontrarse para asegurar las tendencias tecnológicas y las oportunidades, y desarrollar innovaciones radicales.

En este punto, las *innovaciones radicales* son necesarias cuando las metas de la firma son encontrar nuevas áreas de crecimiento, introducir cambios en la tecnología para productos en mercados existentes, o bien, explorar mercados totalmente nuevos. De este modo, se tiene un cambio hacia el desarrollo de nuevos conceptos de productos para el beneficio de nuevos clientes. Sin embargo, una innovación radical requiere ser protegida de la in-

fluencia de objetivos a corto plazo. En contraste con las *innovaciones incrementales*, las *innovaciones radicales* no necesitan la existencia de una base organizacional para su desarrollo, ya que este tipo de ideas pueden desarrollarse dentro y fuera de la firma, por lo que es necesario establecer socios y favorecer los canales de distribución y la factibilidad técnica.

Por tanto, los patrones deseados para el desarrollo de innovaciones radicales son:

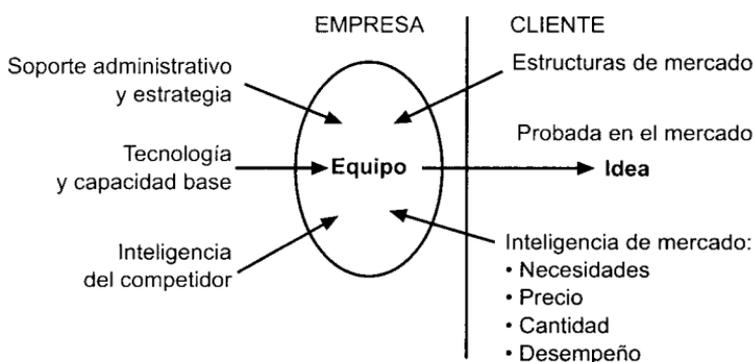
- Formación de equipos internos de innovaciones, en los que se exploren posibles cambios en el crecimiento de la firma.
- Creación de nuevas interfases cliente-empresa, que requieran diversas técnicas y herramientas, con un fuerte énfasis en la mercadotecnia prospectiva en las primeras etapas.
- Alianzas/cooperación, incluyendo a los clientes, para el co-desarrollo.
- Cambios en la orientación de los negocios de la firma, de hardware a software y servicios.
- Cambios en la organización de la empresa de un enfoque jerárquico a uno más horizontal, con unidades multifuncionales y cooperación interna. Cada unidad debe saber cómo manejar sus propios clientes, y no debe ser responsabilidad exclusiva del departamento de ventas.

Como el desarrollo de innovaciones radicales es sumamente incierto, la firma debe ser capaz de tomar riesgos y comprometer los recursos suficientes en las primeras etapas para garantizar y favorecer juicios apropiados de las bondades de la innovación radical en los nuevos clientes, en especial para entender la estructura de clientes (cuando no se trata del cliente final) y establecer las cooperaciones necesarias. Así pues, se llega en este estudio al punto en donde se rescata el papel preponderante de la participación de los actores clave para el desarrollo de innovaciones en esta interfase. La figura 2 resume esta interfase entre los principales actores de este proceso que son la empresa, los clientes prospectivos, los competidores y las autoridades.

La idea general de este proceso interactivo es la generación de la idea, la búsqueda y el estudio del mercado; el análisis de la arena competitiva; identificación, información y retroalimentación de los clientes; pruebas piloto e interacción con posibles clientes; preestandarización del sistema técnico; y, finalmente, su legislación y regulación. El resultado integral del proceso de especificación es un plan de negocios para una combinación de tecnología-producto-mercado. Esta interfase es efectiva sólo si permite la introducción exitosa de un producto, proceso o servicio nuevo o mejorado, siendo el principal factor la *comunicación efectiva*, lograda con la elección y soporte del equipo adecuado, diseñado para identificar, iniciar y administrar el cambio deseado y brindarlo al mercado.

De igual manera, es importante reconocer que también las discontinuidades tecnológicas y las innovaciones radicales han desempeñado un papel trascendental en los patrones tecnológicos actuales y, aunados a los cambios incrementales —que otorgan una característica de continuidad y alargan el ciclo de vida de un producto o un proceso—, han favorecido que las firmas innovadoras desarrollen capacidades propias que se pueden re-

FIGURA 2. *Los equipos en la interfase cliente-empresa para la innovación*



FUENTE: EIRMA (1996).

flejar en plataformas de productos y diseños dominantes, junto con la velocidad de innovación y su estado de desarrollo enunciados por Utterback (1975).

Para diversos autores como Withman (1989), Livesay *et al.* (1989), Roberts (1995) y Medellín *et al.* (1998), la innovación tecnológica se entiende como la transformación de algunos inventos en productos o sistemas mediante modelos y/o procesos que le favorecen. En este sentido, dichos procesos se ven estimulados por la búsqueda de preservar el negocio actual, la diversificación, satisfacción de demandas sociales o políticas y/o remediar la escasez de recursos o insumos. Por ello, su efecto se puede reflejar en nuevas aplicaciones, materiales, productos, prácticas productivas, comerciales, así como innovaciones organizacionales y gerenciales. El cuadro 3 muestra un modelo lineal de innovación tecnológica, una serie de etapas consecutivas del proceso de innovación.

De este modo, dichos autores coinciden en establecer algunas características de dicho proceso con un largo tiempo de respuesta y vulnerable a muchos y diversos factores, con una importante capacidad transformadora al lado de un alto riesgo y exigencias de inversión que requiere una gran coordinación entre sus tareas,

### CUADRO 3. *Modelo lineal de innovación tecnológica*

---

#### *Etapas necesarias*

---

1. Identificación de la oportunidad
  2. Formulación de la idea
  3. Solución del problema
  4. Desarrollo del producto o proceso
  5. Realización del prototipo
  6. Demostración de la viabilidad técnica-económica-ambiental
  7. Desarrollo con fines comerciales
  8. Uso y difusión de la tecnología
- 

FUENTE: elaboración propia a partir de Withman (1989) y Roberts (1995).

pues presenta una gran susceptibilidad a las fuerzas de mercado. Como se trata de un fenómeno complejo, dinámico y poco predecible, en él ocupa un lugar central la interacción constante entre el desarrollo tecnológico, el conocimiento oportuno de mercado y la propia capacidad de emprendimiento organizacional de todas y cada una de sus etapas. Y para administrar exitosamente este proceso se requiere integrar habilidades, manejar de manera adecuada dicha interacción y tener la capacidad para obtener retroalimentación eficaz del entorno. En el cuadro 4 se observa un proceso de innovación tecnológica detallado.

### **Modelando una empresa eco-innovadora**

Querer determinar las características de una empresa innovadora no es tarea fácil, y es casi tan aventurado como tratar de encontrar a simple vista su manera de operar y de llevar a cabo sus prácticas y rutinas, de modo que pudiera generalizarse para el caso de Nhumo y el resto de la industria.

Son justamente algunas prácticas y procedimientos, digamos “maneras de pensar y conducirse”, de parte de la administración de la empresa, las que en muchas condiciones realizan esfuerzos innovadores y le otorgan esta característica a la firma, pero esto no es siempre la regla general, y mucho menos es suficiente para considerarse innovadora una empresa.

#### *La construcción de empresas innovadoras*

De acuerdo con las definiciones de actividades científicas enunciadas por el Manual de Oslo (OCDE, 1995), una firma innovadora es aquella que ha introducido productos o procesos tecnológicamente nuevos o significativamente mejorados durante cierto periodo que se somete a revisión. Este mismo manual establece una serie de características para las firmas innovadoras que pueden dividirse en dos categorías o habilidades principales:

CUADRO 4. Proceso de innovación tecnológica

TECNOLOGÍA											
Ideas: innovación radical	Factibilidad técnica	Fusión: concepto, diseño y evaluación		Información técnica (conocimiento previo): • I+D • Disponible		Adquisición, adaptación adopción o		Escalamiento y pruebas		Transferencia • mercado • operación	
Procesos formales: innovación incremental (monitoreo de I.T., prospectiva)											
Creatividad: innovación radical											
Reconocimiento de la oportunidad	Evaluación	Formulación de la idea	Evaluación	Solución	Evaluación	Prototipo	Evaluación	Desarrollo	Evaluación	Uso y difusión	
Demanda potencial	Estudios de mercado		Información de mercado		Pruebas, análisis, etc.		Etapa previa a la comercialización		Promoción, mejoras		
MERCADO											

FUENTE: elaboración propia con base en datos del curso “Adopción de la innovación y comercialización de tecnología”. Maestría en economía y gestión del cambio tecnológico, UAM-X.

- *Habilidades estratégicas*: visión de largo plazo; habilidad para identificar e incluso anticipar tendencias de mercado; deseo y habilidad para coleccionar, procesar y asimilar información tecnológica y económica.
- *Habilidades organizacionales*: manejo y prueba de riesgos; cooperación interna entre los distintos departamentos organizacionales, y cooperación externa con la investigación pública, consultoría, clientes y proveedores; involucramiento total de la firma en el proceso de cambio e inversión en recursos humanos.

Con base en los hallazgos de estudios de caso en diversas industrias como la química y la de servicios, varios autores de la administración de la tecnología (Davis, 1988; Whitman, 1989; Becker *et al.*, 1989; Roberts, 1995; Stillman, 1997) establecen que para poder diseñar una empresa innovadora es necesario contar con el ambiente adecuado para que se desarrollen los estímulos a la innovación (enunciados en el apartado anterior), o al menos que estén presentes, es decir, que se tengan bien identificadas, en primer lugar, las capacidades del origen de la empresa (es decir, sus actores o negocios anteriores o a partir de los cuales se está creando esta nueva organización, como pudiera ser el caso de Nhumo), su orientación hacia el mercado y los clientes, su necesidad de diversificarse o satisfacer demandas sociales o regulatorias por parte del Estado.

A partir de los estudios de caso de estos autores, podemos identificar diversos criterios para diseñar una empresa innovadora:

- Compromiso de la alta dirección, y aceptación del riesgo y la incertidumbre del proceso innovador.
- Estrategia de negocios a largo plazo íntimamente ligada con la estrategia tecnológica, así como la integración de estrategias de diseño y manufactura.
- Administración adecuada de proyectos mediante una evaluación de tecnología de negocios (auditoría tecnológica) considerando una alta velocidad de introducción.

- Equipos generadores de ideas y conceptos verdaderamente innovadores con base en las propias capacidades de la empresa.
- Fuerte soporte y patrocinio a los procesos de transferencia de ideas y tecnología.
- Actitud positiva frente al cambio, flexibilidad en cuanto a la organización, clima organizacional adecuado y libertad para desarrollar innovaciones.
- Pleno uso de la capacidad emprendedora y de las capacidades tecnológicas acumuladas por los individuos y la organización misma (liberación del efecto de *lock out*).
- Grupos tanto de investigación técnica como de estudios de mercado.
- Proceso de innovación conformado; generación de ideas, desarrollo, pruebas, lanzamiento al mercado y retroalimentación permanente con los clientes.
- Orientación a la calidad, desempeño y respeto al medio ambiente, no solamente como cumplimiento de normativas, sino como una estrategia de obtención de valor.

Por las características anteriores de una empresa innovadora, unidas al concepto de paradigmas tecnológicos y ventanas de oportunidad en el marco de la modernización industrial en América Latina, Carlota Pérez (1996) establece que las empresas tuvieron (y tienen) que adaptarse a las nuevas condiciones impuestas por los mercados mundiales, pues en el plano internacional tienen que enfrentarse al reto de la reconversión. Las nuevas tecnologías genéricas están modificando los productos y procesos en todo el espectro industrial: el comportamiento intrafirma y sus relaciones con el entorno se ven transformadas por nuevos estilos gerenciales basados en la flexibilidad en la producción y la organización, de modo que el cambio tecnológico es constante e incremental (dependiendo de la naturaleza del sector), así como en las relaciones de cooperación (formación de redes de cooperación) y el beneficio mutuo, la calidad creciente y las relaciones proveedor-usuario.

El cambio de paradigma, tal como se muestra en el cuadro 5, presenta un resumen estilizado del alcance y la profundidad de la construcción de empresas del nuevo paradigma comparado con el modelo anterior de conducta empresarial.

Si pudiéramos establecer las características de una empresa innovadora como una similitud con las firmas del nuevo paradigma, se crearía un marco de análisis para la empresa en estudio en el sentido de compararla con el modelo “ideal” de la nueva empresa, representado por el nuevo paradigma que administra su conocimiento e innova. Al parecer, Nhumo cuenta con un producto del “viejo” paradigma, y esto supone un gran riesgo para su permanencia en el futuro, pero, por el contrario, parece que la empresa cuenta con muchos elementos de las firmas del “nuevo” paradigma que le permitirían favorecer su desarrollo como innovadora.

En el tema de la estrategia tecnológica adoptada por una empresa, autores como Ford (1988) y Pearson (1990) la definen como el conjunto de políticas, planes y procedimientos para adquirir conocimientos y habilidades, dirigirlos hacia los fines de la empresa y explotarlos efectivamente para transformarlos en beneficios tangibles.

Dos puntos son de interés para la firma al considerar el diseño de su estrategia tecnológica, a decir de autores como Pearson (1990), Becker (1989) y Davis (1988) en relación con el *ciclo* y el *diagnóstico tecnológicos* de la empresa. El primero va desde identificar la necesidad, explorar conocimientos disponibles, buscar y desarrollar tecnología; efectuar pruebas de correspondientes con las circunstancias de la aplicación y un registro continuo de resultados e impactos, e interpretar y acumular experiencias. El diagnóstico tecnológico resulta de analizar qué tecnologías son determinantes para el éxito del negocio y en qué medida las dominan, además de conocer sus expectativas de vida útil, la emergencia de tecnologías que pudieran afectarla y qué tanto aprovecha la empresa su tecnología y capacidades tecnológicas.

Arvanitis y Villavicencio (1998) diseñaron una taxonomía de tipo de empresas de acuerdo con su estrategia tecnológica para

CUADRO 5. *El cambio de paradigma empresarial*

<i>Áreas</i>	<i>Empresa viejo paradigma</i>	<i>Empresa nuevo paradigma</i>
Mando y control	Mando centralizado Control vertical Cascada de niveles supervisorios “La gerencia es la que sabe”	Metas y coordinación centrales Autonomía local/ control horizontal Autoevaluación y automejoramiento Proceso participativo en toma de decisiones
Estructura y crecimiento	Pirámide estable que crece en altura y complejidad a medida que se expande	Red chata y flexible de unidades ágiles Se mantiene plana cuando se expande
Partes y nexos	Nexos bien definidos en sentido vertical Departamentos separados, especializados por funciones	Lazos de interacción y cooperación entre funciones a lo largo de líneas integradas, definidas por mercados finales
Estilo de operación	Organizaciones de operación optimizada Procedimientos y rutinas estandarizadas “Existe una manera óptima” Definición de tareas por individuo Especialización en una sola función Flujo de decisiones de arriba hacia abajo; de información de abajo hacia arriba	Aprendizaje y mejora continua Sistemas flexibles/ prácticas adaptables “Siempre puede haber una forma mejor” Definición de tareas para cada grupo Personal polivalente/ equipos <i>ad hoc</i> Amplia delegación en toma de decisiones Flujo múltiple horizontal y vertical
Personal y entrenamiento	Mano de obra vista como costo variable Personal entrenado provisto en el mercado Trabajadores atados a puestos definidos La disciplina es la principal virtud	Trabajadores vistos como capital humano Mucho entrenamiento y reentrenamiento internos Puestos variables/ trabajadores adaptables Iniciativa/ colaboración/ modificación

Equipos y escala	<p>Equipo dedicado</p> <p>Un tamaño óptimo de planta para cada producto</p> <p>La escala de la planta anticipa la demanda futura</p> <p>Se aspira a economías de escala para la producción en masa</p>	<p>Equipo adaptable, programable y flexible</p> <p>Muchas escalas eficientes/óptimo relativo</p> <p>Crecimiento orgánico según la demanda real</p> <p>Economías de escala, de cobertura o de especialización solas o combinadas</p>
Programación de la producción	<p>Fijar ritmo de producción</p> <p>Producir para inventarios (éstos absorben variación en la demanda)</p> <p>Reducir personal en periodos de baja demanda</p>	<p>Adaptar ritmo a variación de demanda</p> <p>Reducir el tiempo de respuesta (justo a tiempo)</p> <p>Usar puntos bajos para mantenimiento y entrenamiento</p>
Medición de la productividad	<p>Medición distinta según el departamento (compras, producción, mercadeo, etc.)</p> <p>Porcentaje de tolerancia en calidad y rechazos</p>	<p>Productividad total medida a lo largo del proceso de producción de cada producto</p> <p>La meta es cero defectos y cero rechazos</p>
Proveedores, clientes y competidores	<p>Aislamiento del mundo exterior</p> <p>Que los proveedores compitan en precios</p> <p>Lograr productos estándar para clientes masivos</p> <p>Oligopolio a distancia con la competencia</p> <p>La empresa como sistema cerrado</p>	<p>Fuerte interacción con el mundo exterior</p> <p>Lazos de colaboración con proveedores, con clientes y, en ciertos casos, con competidores (por ejemplo, en investigación tecnológica)</p> <p>La empresa como sistema abierto</p>

---

FUENTE: C. Pérez (1996), con base en Pérez (1992).

las firmas químicas mexicanas que permite establecer un amplio perfil del comportamiento tecnológico de las mismas. Sin embargo, dichos autores utilizan una muestra de empresas en un marco del periodo posterior a la apertura comercial en México en 1994 y valdría la pena valorar su pertinencia en la actualidad. Dicha taxonomía está en el cuadro 6. En alguna medida, autores como Ford (1988) consideran el peso estratégico de la tecnología en la definición de la estrategia tecnológica de una empresa como un elemento determinante de su conducta, pues la tecnología podría verse de diversas maneras, a saber, como un recurso sólo para resolver problemas, como determinante de las características de las instalaciones y los procesos productivos, o bien, como un instrumento de liderazgo y competitividad en el corto y largo plazos.

Un punto destacado por Pavitt (1984) al desarrollar su taxonomía es que de algún modo, dependiendo del sector en que se encuentre una empresa, se tendrán ciertas fuentes de innovación. Dicha taxonomía emergió del análisis estadístico de más de 2 000 invenciones inglesas de la época de la posguerra, de acuerdo principalmente con el tipo de actividad y explicada por medio de las fuentes de tecnología, la naturaleza de las necesidades de los usuarios y los medios de apropiación. Así, Pavitt identifica cuatro tipos de empresas que denomina *firmas dominadas por el proveedor, intensivas en escala, proveedores especializados y basadas en la ciencia*. Esto tendría que tenerse en cuenta al tratar de identificar a nuestra empresa de estudio como innovadora, pues determinadas fuentes de innovación podrían influir en su comportamiento teniendo en cuenta su contexto de empresa en un entorno de país en desarrollo.

El autor describe cada tipo de firma. Las *dominadas por el proveedor* son las empresas manufactureras y no manufactureras típicamente pequeñas, en las que la mayor parte de la tecnología viene de proveedores de equipo y materiales. Las *intensivas en escala* son productoras de polvos (como el caso de Nhumo, cuyo producto es un polvo de carbón) y ensamble, cuyas fuentes internas de tecnología son sus departamentos de ingeniería e I+D, mientras que las internas incluyen a proveedores especializados,

CUADRO 6. *Clasificación de empresas de acuerdo con su estrategia tecnológica*

<i>Pasivas</i>	<i>Reactivas</i>	<i>Atadas a tecnólogo</i>	<i>Autárquicas</i>	<i>Activas</i>
Empresas que sólo reciben los paquetes tecnológicos de parte de sus tecnólogos	La tecnología es usada como herramienta para resolver problemas o aprovechar oportunidades sobre la marcha	Su principal característica es la estrecha relación con firmas foráneas (derechos de autor, marcas, licencias, patentes o asistencia tecnológica)	Carecen de relaciones tecnológicas externas, a pesar de que cuentan con experiencias de aprendizaje tecnológico	Poseen una gran actividad tecnológica
Tienen una actividad tecnológica muy limitada	Estrategia tecnológica definida que busca mantener la competitividad	En ocasiones son filiales de compañías multinacionales y su comportamiento tecnológico está determinado por la estrategia de corporativo central	Modifican y adaptan equipos	En términos de indicadores, negocian contratos tecnológicos
Sólo reciben asistencia técnica y no generan capacidades tecnológicas	Poseen un sistema de administración de tecnología que les permite adquirir, asimilar y explotar	La investigación y el desarrollo generalmente las lleva a cabo el tecnólogo en sus oficinas centrales	Tienen capacidades de diseño	Búsqueda de fuentes de tecnología alternativas
			Administran su tecnología para tener innovaciones de tipo incremental	Realizan modificaciones de equipo
				Poseen vínculos externos como fuentes de información tecnológica
				Formalizan su investigación y desarrollo
				Tienen gran capacidades de diseño
				Sistemas de administración ambiental considerados en políticas empresariales

FUENTE: elaboración propia a partir de Villavicencio y Arvanitis (1998).

aunque también incluyen firmas basadas en ciencia de gran importancia. Los *proveedores especializados* son firmas pequeñas que producen equipos e instrumentación de control con una fuente interna de tecnología basada en el diseño y en el desarrollo, y externas las basadas en ciencia, y las intensivas en escala que son sus usuarios. Finalmente, las *firmas basadas en la ciencia* ubicadas en los sectores químico y electrónico con fuentes internas en la I+D, y externas las universidades y proveedores especializados.

Puesto que el sector determina e influye en el tipo de actividades innovadoras de una empresa, es más fácil que desarrolle sus fuentes tecnológicas; por tanto, la taxonomía presentada por Arvanitis y Villavicencio mostrada en el cuadro precedente debería ser tomada como punto de análisis para una empresa, dependiendo del sector en que se halle. Así, si tratáramos de ubicar a las empresas químicas mexicanas, los autores las clasifican como *reactivas*, pero la realidad nos mostraría que cada una tiene una combinación de elementos de cada tipo mostrado, por lo que se establecería un primer acercamiento a la definición de empresa según su estrategia, mas no es el único factor a considerar. A fin de cuentas el tipo de empresa, de acuerdo con esta clasificación, no significa necesariamente que se empate con los objetivos estratégicos de la misma; es decir, si el mercado no le exigiera más, o si tomara una postura autárquica, por ejemplo, cuando en realidad tiene características de activa pero por decisiones estratégicas decide explotar más las primeras características, entonces no sólo se define su estrategia tecnológica, sino también su trayectoria.

De manera complementaria a la definición de una estrategia, para autores como Erikson, Magee *et al.* (1990), el objetivo de la administración de la estrategia tecnológica es sin duda contribuir al valor de la firma ayudándole a asegurar que el flujo de dinero del cual depende dicho valor será sostenido y continuará creciendo. Este tipo de administración efectiva le permitiría a la empresa obtener y sostener ventajas competitivas, desde las mejoras incrementales en la calidad o costo del producto o proceso hasta discontinuidades que permitan crear nuevas oportunidades de mercado. En el caso de Nhumo, la definición de una estrategia tecnológico-ambiental pu-

diera determinar puntos de competitividad y creación de valor inmediato, pero, como se verá en el estudio de caso, la administración efectiva ha sido algo casuístico y ha limitado el pleno aprovechamiento de sus capacidades.

En este punto cabe mencionar que la estrategia tecnológica no es lo mismo que la de investigación y desarrollo, la cual sólo se centra en adquirir tecnología a través de actividades dentro de la firma. El Manual de Oslo ofrece algunas opciones relacionadas con la investigación y desarrollo en las firmas, pues establece que dicha estrategia podría buscar la *investigación básica* para extender su conocimiento fundamental a su proceso productivo (el cual podría no ser el caso de Nhumo, dadas las características de sus productos); o bien, buscar *investigación estratégica* (en el sentido de la investigación con relevancia industrial pero no de aplicaciones específicas) en un amplio espectro de proyectos aplicados disponibles e *investigación aplicada* para producir invenciones específicas o modificaciones a las técnicas existentes; por último, la opción del *desarrollo de conceptos de productos* que juzgue viables y factibles.

En el tema de la I+D, para Roussell (1991) la nueva dirección de negocios y la dirección corporativa deberían entrar en la tercera generación de I+D, en donde los directores corporativos, de negocios y de I+D trabajan como socios con el fin de establecer estrategias globales de I+D que estén ligadas íntimamente con las estrategias y la visión de negocios y corporativas y que se concentren en dar valor a los clientes y a los accionistas. Para este autor, un factor importante en la misión de la investigación y desarrollo depende de la posición del ciclo de vida de la industria, pues en el caso de que la empresa esté en una etapa de nacimiento es obvio que se optará por el lanzamiento de nuevas actividades y conceptos; mientras que en etapas de crecimiento se optaría por desarrollar nuevas actividades, pero también por mejorar la posición competitiva; en el caso de la madurez (caso típico de la industria química), el objeto de la I+D se ve influido por el mantenimiento de la posición competitiva y surge la disyuntiva del “rejuvenecimiento”. En cambio, en una etapa de declive se tendrían las opciones de renovación o abandono.

Esta nueva noción de I+D la considera como fuente de conocimiento para la firma, pero a la vez supone la capitalización de dichos conocimientos a medida que la I+D de la empresa realiza proyectos que relacionan y hacen partícipes a diferentes departamentos. Entonces, esta idea nos plantea que para que una firma pueda llegar a esta dualidad de la investigación y desarrollo que se traduce en la capitalización del conocimiento, la empresa debe haber pasado por la integración de su plan estratégico corporativo, comercial y de investigación y desarrollo, con una fuerte interrelación de todos los departamentos.

En resumen, esta noción de tercera generación supone la creación de una cartera de I+D equilibrada estratégicamente que responda a las necesidades existentes y a las adicionales de la corporación, al tiempo que contribuye a identificar y explotar las oportunidades tecnológicas en actividades existentes y en otras nuevas. Entonces surgiría la interrogante de qué tendrían que hacer las empresas químicas mexicanas para integrar sus estrategias y hacer de la investigación y desarrollo un factor que les permita crear y capitalizar el conocimiento, y, como consecuencia, aprender y tener condiciones para generar capacidades.

### *Las alianzas tecnológicas estratégicas y la construcción de capacidades*

En este último apartado abordaremos el tema de la construcción de capacidades y las alianzas estratégicas con base en el trabajo de Gómez López (2000) para la industria química mexicana, que establece un esfuerzo por generar una tipología de empresas acorde con su estrategia de cooperación con un socio (tecnológico) y los beneficios recibidos de dicha estrategia.

La autora parte de los tipos de cooperación existentes en una economía globalizada, nombrando, entre otras, las fusiones y adquisiciones, alianzas de franquicias, *joint ventures* (*empresas conjuntas*) y asociaciones en participación. Como la firma en estudio es una coinversión en capital entre un grupo mexicano y un socio

tecnológico extranjero, nos interesa definir las *joint ventures* como la constitución de un negocio nuevo, independiente y separado, en el que dos empresas crearon una entidad (Nhumo) para realizar una actividad económica productiva (fabricación de negro de humo grado hulero) en la que ambas desempeñan un papel activo en la toma de decisiones, sin incidir en las tareas operativas.

Los principales resultados de este estudio suponían *ex ante* que las alianzas estratégicas tecnológicas otorgaran a las empresas mexicanas que buscan aliados o socios de cooperación con firmas extranjeras que les favorecerían, la tecnología más avanzada, y a cambio otorgarían a las empresas extranjeras el conocimiento y las relaciones en el mercado nacional. El resultado final sería un incremento de competitividad de las empresas mexicanas mediante el desarrollo de *capacidades*, que incluyeran el conocimiento y la experiencia. Sin embargo, los resultados de la investigación muestran que “aunque las empresas mexicanas que establecen alianzas estratégicas tecnológicas, en efecto, aportan su conocimiento del mercado, y a su vez reciben la tecnología de la cual carecen, no adquieren capacidades, experiencia y conocimiento, pues la susodicha tecnología se limita a maquinaria y equipo, planos y mantenimiento, en general activos tangibles”. No así el *know how* ni la formación de recursos humanos, otorgando una mayor relevancia a las capacidades de producción, en menoscabo de las capacidades tecnológicas (Gómez López, 2000).

Finalmente, vale la pena preguntarse por qué las empresas que contratan tecnólogos no generan capacidades, conocimientos y experiencias, si el objetivo de dicha alianza era obtenerlos. Es probable que las negociaciones de los contratos no hayan sido las adecuadas, y en vez de potenciar capacidades las inhibieran al generar una dependencia excesiva, aunado esto a la noción de la taxonomía de Pavitt que ubica a la industria química en intensiva en ciencia y dominada por el proveedor, que nos puede sugerir que algunos elementos adicionales a la alianza eran necesarios para construir capacidades, como la generación de conocimiento relevante, que se supone que el sector basado en ciencia obtiene de la cooperación con universidades.



## II. Problemática ambiental de la industria química mexicana

El presente capítulo tiene por objeto establecer un panorama de la industria química mexicana para luego situar la realidad de la empresa en estudio y su principal producto en el contexto de la dinámica productiva e innovadora nacional. Por lo anterior, se refieren algunos aspectos generales de la industria química mexicana relativos a su economía y situación productiva.

El apartado también comprende la problemática ambiental de la industria misma, su desempeño y las herramientas que se han generado para tratar de administrar la naciente relación entre la tecnología, la economía y el medio ambiente, como un nuevo paradigma cada vez más necesario como factor de competitividad y permanencia en el mercado, y no sólo como condición de una nueva sociedad que busca empresas cada vez más responsables social y ambientalmente.

### La industria química en México (IQM)

#### *Antecedentes históricos de la IQM*

Los trabajos de Giral, González *et al.* (1978) y Máttar (1994) son fundamentales para comprender la historia de la industria química mexicana, desde sus cimientos en los años cincuenta con el establecimiento en nuestro país de las primeras plantas

productoras de artículos químicos no diferenciados (principalmente fórmulas de reducido valor agregado y bajo precio por unidad de volumen), su consolidación con las inversiones de Pemex en diferentes negocios como el del azufre y derivados de petróleo, y la “mexicanización” con procesos de fusión y coinversión de las diversas empresas extranjeras establecidas en el país para beneficiarse de la clara política de sustitución de importaciones del gobierno mexicano. Siguió a esta etapa de consolidación la de crecimiento acelerado, apertura y desaceleración en el periodo de 1973 a 1988, para finalmente analizar la etapa de reestructuración hasta antes de la crisis de 1994. Después de este año, no se tiene una fuente clara del desarrollo de la industria química mexicana; diversos estudios de Villavicencio *et al.* (1995) y Arvanitis y Villavicencio (1998), buscaron conocer el estado del aprendizaje tecnológico en esta industria y ya fueron enunciados en el primer capítulo de este trabajo.

Este marco histórico de la industria química mexicana nos permite situar el desarrollo de un grupo tan importante como GIRSA, beneficiado desde los años sesenta de fusiones con Monsanto, y el desarrollo propio de otras empresas como Negromex, que posteriormente fueron adquiridas (ambas) por el grupo DESC. El análisis histórico es importante porque nos da una idea más clara del entorno macroeconómico que coadyuvó al fortalecimiento de un grupo de empresas, de la cual es parte Nhumo, y que le permitió o no favorecer el desarrollo de procesos de aprendizaje que integran en la actualidad la variable ambiental a las diferentes variables tecnológicas de la firma, y al que le favorecería tener una dinámica eco-innovadora y eco-eficiente.

Los trabajos de Unger (1994) sobre la industria química mexicana relacionados con las características del producto y la tecnología resultan pertinentes en el sentido de que abordan de manera un poco más específica al sector petroquímico secundario. En este sentido, el autor parte de la premisa de reconocer que la madurez alcanzada por muchos productos petroquímicos en la evolución tecnológica mundial ha generado una creciente incertidumbre por su desarrollo. En este mismo sentido, el Institu-

to Mexicano de Ingenieros Químicos, IMIQ (1995), planteaba ya las inquietudes del desarrollo de una industria química del futuro, que equiparara las características y posiciones del mercado mundial y que impactara a los sectores de la industria, del gobierno, profesionales y trabajadores, grupos financieros y sociedad en general en busca de conseguir una industria eficiente y estándares de calidad en el terreno internacional.

El sector petroquímico secundario, en el que el negro de humo ha sido ubicado en años recientes como producto, se caracteriza por contar con una estructura industrial de tipo oligopólico, formado en su mayoría por grupos corporativos que tienden a expandirse en nuevos negocios. Unger describe a una industria petroquímica concentrada, con una estructura de oferta que varía en función del producto. En general, la tecnología es vista como un factor de alto valor estratégico y que puede influir en la competitividad de las empresas que se dedican principalmente a *actividades de producción maduras*, y rara vez a actividades de innovación con un gran énfasis en la tecnología de procesos. Por último, el autor caracteriza las actividades de producción como dirigidas sobre todo a procesos y productos maduros de amplia difusión internacional mientras que en el mercado nacional, como se encuentran concentrados, las empresas se orientan a mejorar la eficiencia productiva y con poca frecuencia a desarrollar nuevos productos.

Durante muchos años, la industria química en México era vista solamente como una serie de procesos con operaciones unitarias que abarcaban la administración de materias primas, productos intermedios, finales y energía, y que la responsabilidad de los profesionales de la química se limitaba a producir dentro de especificaciones los productos demandados por el mercado sin tomar en consideración los “indeseables” que se generaban y que eran vertidos como contaminantes en el aire, agua o tierra. También se pensaba que no existía una relación directa entre la aplicación de la tecnología para transformar los materiales y la energía y el uso de innovaciones tecnológicas para evitar el impacto ambiental en los ecosistemas, despreciando la relación entre el me-

dio ambiente y la economía en el contexto global, regional o local. El nuevo paradigma de la industria química mexicana enunciado por Del Río Soto (1997) justamente viene a apoyar las interrogantes planteadas para la presente investigación, pues si la industria química se dio cuenta de la emergencia de un nuevo modelo de desarrollo sostenible basado en la interrelación de *energía, medio ambiente y economía*, soportado por la *innovación tecnológica*, entonces supone un desarrollo estratégico motivado por una nueva forma de pensar, que podría dirigir sus esfuerzos por integrar estas variables que hasta entonces, al menos en el caso de la industria nacional, no parecía ser evidente como generador de beneficios para industria y sociedad.

Por ello resulta conveniente preguntarse si la coexistencia de paradigmas mostrada en el cuadro 7 pudiera ser válida para situar el paradigma que la empresa en estudio pudiera estar siguiendo. El viejo paradigma está situado más bien en la química tradicional y la producción de *commodities*, mientras que el nuevo supondría la producción de nuevos materiales o de materiales con un mayor valor agregado (muy diferentes de los productos con que inició la industria química nacional) dirigidos a mercados estratégicos y con una integración de este nuevo modelo de desarrollo sostenible para la industria química. Así, es interesante comparar más adelante, en la empresa en estudio, sus caracterís-

CUADRO 7. *Paradigmas tecnológicos en la industria química*

<i>Viejo paradigma</i>	<i>Nuevo paradigma</i>
<i>Commodities</i>	Especialidades
Química tradicional	Química fina
	Biotecnología
	Nuevos materiales
	Mercados estratégicos
Ventas por volumen	Interrelación tecnología, economía y desarrollo sostenible

FUENTE: elaboración propia a partir de Pérez (1996) y Soto (1997).

ticas en uno y otro paradigma, e inferir, en su caso, cómo pudo haber evolucionado.

### *La evolución de la industria química en México*

En 1999, de acuerdo con el anuario 2000 de la Evaluación de Riesgos Sectoriales y Perspectivas de BITAL (BITAL, 2000), la economía mexicana reportó resultados más favorables de los inicialmente previstos. Factores internos y externos favorecieron el desempeño económico, con lo cual mejoraron notablemente las expectativas económicas y financieras de mediano plazo.

Los dos resultados más importantes en materia económica fueron la reducción de la inflación a 12.32% y el crecimiento económico de 3.7%. En ambos casos, los resultados superaron las metas establecidas para ese año por el gobierno, que inicialmente estimaba una inflación de 13% y un PIB de 3.0 por ciento.

El descenso de la inflación se dio con base en la estabilidad del tipo de cambio y en el descenso de precios de algunos insumos. La continuidad en el manejo de la disciplina fiscal y la aplicación de la política monetaria enfocada a disminuir la inflación generaron condiciones favorables para el crecimiento de la economía, la cual se sustentó en el dinamismo de las exportaciones y en la reactivación significativa del mercado interno.

Según datos del Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana (ANIQ, 2001), para el año 2000 el índice nacional de precios al consumidor (cuadro A 2.1 del anexo 2) creció 9% mientras que el índice nacional de precios al productor aumentó 6.4% (cuadro A 2.2 del anexo 2), con una base de 1994=100. Para el mismo año, cifras preliminares del Banco de México (cuadro A 2.3 del anexo 2) indican que el valor total del PIB del país (a precios constantes) aumentó en 6.9%, comparándolo con el reportado para el año 1999. Para el 2000, el PIB de la industria manufacturera creció 6.6% y registró incrementos en casi todas sus divisiones, como se puede observar en los cuadros relacionados en los anexos de este trabajo.

La industria química en México es una parte importante y participativa de la economía nacional y, por ende, las diferentes variaciones de la economía mexicana afectan su desempeño. La industria química mexicana (IQM) está constituida por empresas de distinto nivel de desarrollo tecnológico, diferente estructura de capital y diversos tamaños, y cumple un papel importante en la actividad económica del país.

La producción del sector químico en el año 2000 (ANIQ, 2001) registró un aumento de 4.0% respecto al año anterior, acumulando 13 220 millones de dólares. El consumo interno aumentó 6.5%, mientras que las exportaciones crecieron 21.0%. El sector químico registró una disminución de 16% en su valor en pesos constantes de la producción, respecto a 1999.

Del valor total de la producción, 70.9% corresponde a materias primas, 10.8% a sueldos y salarios, y 3.9% a energéticos. La inversión en la industria química en el año 2000 fue de 880 millones de dólares, en comparación con los 847 millones del año anterior, lo que representó un aumento de 3.8%. La evolución del PIB del sector se encuentra en el cuadro 8.

Según este mismo Anuario Estadístico de la ANIQ, la industria química en México está localizada principalmente en cinco estados, y del total de las 471 plantas establecidas en el territorio nacional, poco más de 26% se encuentran en el Estado de México, 17% en Veracruz, 16 % en el Distrito Federal, 7% en Nuevo León y alrededor de 5% en Tamaulipas, concentrando en conjunto poco más de 70% del total de empresas afiliadas (siendo condición de afiliación suscribirse al programa de Responsabilidad Integral que será detallado en un apartado posterior, por lo que el espectro de empresas podría incrementarse en algún grado al considerar las empresas no afiliadas).

Cabe mencionar que hasta 1996, el producto principal de Nhumo, el negro de humo, estaba considerado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática dentro de la clasificación de *otros productos químicos*. A partir de 1997 la fuente de información del INEGI deja de reportar datos para el negro de humo dentro de dicho sector, a causa de una reestructuración en

CUADRO 8. *Producto interno bruto. Tasas de crecimiento. División de químicas, derivados del petróleo*

<i>PIB total</i>	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000e	2001e	<i>Participación</i>	
									<i>Total</i>	<i>Rama</i>
S. 33 Petróleo y derivados	5.7	(6.4)	3.5	(0.2)	4.8	1.3	4.0	5.1	0.3	11.7
S. 34 Petroquímica básica	8.3	4.3	(11.2)	(9.4)	(12.4)	(10.5)	4.2	3.0	0.1	3.3
S. 35 Química básica	3.1	2.9	3.3	8.2	2.4	4.9	4.6	3.8	0.3	10.5
S. 36 Fertilizantes	13.0	15.6	11.0	0.8	(4.6)	12.9	(6.0)	2.2	0.0	1.5
S. 37 Resinas sintéticas y fibras químicas	5.6	8.2	11.9	10.0	8.5	3.9	4.9	4.0	0.3	10.0
S. 38 Productos farmacéuticos	(4.5)	13.1	1.6	6.9	7.2	(0.9)	4.1	4.5	0.5	17.2
S. 39 Jabones, detergentes y cosméticos	3.7	(6.7)	12.9	5.3	8.5	5.2	3.7	4.8	0.4	12.9
S. 40 Otros productos químicos	3.3	(10.1)	7.6	13.0	12.6	8.9	7.6	7.0	0.4	13.1
S. 41 Productos de hule	5.3	(10.1)	18.2	12.2	13.0	(0.7)	3.1	3.8	0.2	6.3
S. 42 Artículos de plástico	6.4	(6.9)	12.8	11.2	4.7	3.1	6.4	4.6	0.4	13.6
<i>Total división</i>	<i>3.4</i>	<i>(0.9)</i>	<i>6.5</i>	<i>6.8</i>	<i>6.1</i>	<i>2.8</i>	<i>4.7</i>	<i>4.7</i>	<i>3.0</i>	<i>100.0</i>

FUENTE: INEGI. e = estimación, S = sector.

el catálogo de productos, para ubicarlo a partir de ese momento dentro de la *petroquímica secundaria* en las publicaciones especializadas (INEGI, 2000).

Por tanto, a partir de este año el negro de humo se ubica junto con los elastómeros en el sector de petroquímica secundaria como *elastómeros y negro de humo* para el INEGI o como *hules sintéticos y hulequímicos*<sup>1</sup> para la ANIQ. Las empresas participantes son Industrias Negromex, S.A. de C.V.; Nhumo, S.A.; Crompton Corporation, S.A. de C.V., y Micro, S.A. de C.V., que fabrican sobre todo productos terminados (elastómeros y/o hule) destinados a servir a las industrias llantera, de calzado, partes industriales y automotrices principalmente.

De la misma fuente de información se extrae que la producción total de este sector durante el año 2000 fue de 288 738 toneladas, correspondiendo al negro de humo la cantidad de 114 321 toneladas que, comparadas con el año anterior (1999), representó un aumento de 1%. La balanza comercial arroja unos datos de importación del sector de 167 576 toneladas, siendo solamente 10 517 toneladas de negro de humo por 26 042 toneladas exportadas en el mismo periodo. Como Nhumo es el único productor en México de negro de humo, entonces los datos de producción para el año 2000 corresponden a la empresa, mientras que las importaciones se atribuyen a competidores que entran al mercado nacional y las exportaciones al

---

<sup>1</sup> Esta clasificación del negro de humo en el sistema de cuentas nacionales puede ser confusa si revisamos los datos registrados para el INEGI dentro de *elastómeros y negro de humo* comparados con los propios de la ANIQ para *hules sintéticos y hulequímicos*; sin embargo, de manera general, los términos son prácticamente sinónimos, puesto que la industria hulera se divide en el sector productor de elastómeros (transformación de productos petroquímicos y vegetales en hule y látex, como el caso del SBR, BR, butilo, etc.) y el sector manufacturero de hules (fabricación de productos terminados de hule). Paradójicamente, el negro de humo es una forma alotrópica de carbón y no es un "hule", pero debido a que su aplicación principal es como reforzante de materiales poliméricos (elastómeros y hules) pudiera ubicársele dentro de esta clasificación.

excedente de producto que Nhumo exporta a diversos mercados en el mundo.

### Algunos antecedentes históricos

El advenimiento de la Revolución industrial en Inglaterra en el siglo XVIII, no sólo trajo como consecuencia el desarrollo económico y el progreso industrial, sino también una serie de mejoras técnicas derivadas de las exigencias de la naciente industria, y un sinnúmero de problemas inherentes a la propia dinámica del cambio, en particular, problemas del medio ambiente.

En términos *ambientales*, la Revolución industrial se hizo gracias al aprovechamiento del carbón, el vapor y el hierro. Los gases de combustión generados por todas las civilizaciones anteriores a la industrialización no llegaron a producir ningún efecto significativo sobre el ambiente. El combustible más usado era la madera, pero al continuar creciendo la población, como consecuencia directa de la industrialización, los bosques de Europa desaparecieron rápidamente, hasta el descubrimiento y explotación de las minas de carbón (Erickson, 1993).

Entonces, podríamos sugerir que históricamente, y según las diferentes etapas de producción que la humanidad ha registrado, la conciencia ecológica y ambiental se ha ido modificando. El hombre recolector se preocupaba poco por los desperdicios, pero al momento de hacerse sedentario se le presenta el problema; llegada la época de progreso, y en el momento de generar utilidades el producir algún satisfactor, nuevamente parece el hombre olvidarse y despreocuparse de qué hacer con aquello “no deseado” o “no esperado”: la degradación del ambiente (Pérez, 1984).

Un punto muy importante que no sería desarrollado por los autores “pioneros” de la innovación y cambio tecnológico como tal, es la relación de los factores socioeconómicos y los de protección del ambiente, mal entendidos como “ecológicos”, pues la ecología es la ciencia que estudia las relaciones de los seres vivos con su entorno, mientras que la protección del ambiente com-

prende todas las mejoras tecnológicas de procesos, productos, servicios, etc., de manera que se traduzca en un impacto mínimo en el ambiente o entorno, desde el desarrollo de un nuevo producto, su producción, y hasta la disposición final.<sup>2</sup>

Durante las últimas décadas, los problemas relacionados con el medio ambiente han cobrado una dimensión particular en el escenario global. Los rápidos cambios tecnológicos y patrones innovadores han contribuido al desarrollo de los países y las firmas globales, pero en el caso de los países en desarrollo, como los de América Latina, parecería no haber ocurrido de igual modo que en los países desarrollados.

Para autores como Jenkins (2001), los problemas ambientales “verdes” (deforestación, protección de los bosques, etc.) han tomado un lugar muy importante en la agenda de los países latinoamericanos, incluido México. Pero parecería que la literatura sobre el tema no ha demostrado claramente el interés ni la preocupación por los aspectos “cafés” del medio ambiente (es decir, los relacionados con las firmas, productos, procesos, gustos de los consumidores, integración de los objetivos económicos estratégicos con la administración del medio ambiente, utilidades con “principios”, etc.); o sólo los ha tratado de manera superficial, en el sentido de ver estos aspectos como tecnologías de fin de tubo o para “reparar” el daño causado al ambiente.

Las oportunidades centrales dadas por una discontinuidad tecnológica y factores de mercado no siempre pueden ser fácilmente usadas para mover el valor de los productos a la sostenibilidad y la innovación en materia ambiental, posiblemente por numerosas razones y barreras. Pareciera que aún no existe suficiente evidencia empírica para demostrar que las firmas se encuentran motivadas a innovar y acumular *aprendizaje “ambiental”* con el fin de formular capacidades tecnológicas y una

---

<sup>2</sup> Para el desarrollo del presente trabajo —y sin afán de entrar en una contradicción con lo anteriormente expuesto— se utilizará el término “eco” para denotar connotaciones ambientales, debido a la enorme difusión que tiene el prefijo en el medio, además de que favorece más la comprensión de los temas ambientales por parte de los lectores.

adecuada estrategia ambiental integrada a su estrategia de negocios y tecnológica, debido quizás a la presencia de costos hundidos y otras variables no evidentes en las primeras etapas del proceso innovador; no sólo para agregar valor a sus bienes, sino para hacerlo parte de la cultura de la organización, incluyendo un cambio técnico y organizacional. Éste pudiera ser el caso de Nhumo, pues podría ser que ante una discontinuidad que se le presentó en su historia, encontró que invertir en el medio ambiente le representa flujo y, como consecuencia, una mejor imagen como empresa. Pero si éste fuera el caso, ¿cuales fueron los motivos para ello?

Para el Manual de Bogotá (2001), el tema de la gestión ambiental y las capacidades de innovación es abordado en el sentido de que su importancia es creciente para las firmas, ya que tanto las regulaciones públicas como los propios mercados tienden a premiar a las firmas que son “amigables” con el ambiente. Por otro, hay consenso sobre que la eficiencia de la gestión ambiental depende de su integración con el resto de las actividades de la empresa. En particular, el surgimiento de soluciones *cost-effective* de los problemas ambientales depende de las capacidades innovadoras acumuladas por la firma; en otras palabras, la gestión ambiental debe estar asociada a los procesos de cambio tecnológico y organizacional que se desarrollan en el ámbito global dentro de la empresa.

Por consiguiente, según este manual, los indicadores seleccionados para estudiar estos fenómenos de interrelación entre la variable ambiental y la innovación deberían incluir referencias tanto a la gestión de calidad como a la gestión ambiental, ya que ambos reflejan dimensiones específicas de las capacidades tecnológicas acumuladas en el nivel de las firmas, al tiempo que son factores clave para definir la competitividad en el contexto de la actual oleada de innovaciones tecnológicas y organizacionales vinculadas con la generalización de las prácticas toyotistas, la introducción acelerada de la microelectrónica en el taller y el fin del paradigma de desarrollo basado en el uso intensivo de los recursos naturales.

Si el comportamiento histórico de la industria química generó problemas y soluciones, entonces supondría que aprendió en algún grado y pudo generar algunas prácticas que le ayudarían a administrar su desempeño ambiental. Para poder entender un poco más la realidad de la industria nacional, en el siguiente apartado se trata el tema del desempeño ambiental en la misma.

### **Desempeño ambiental en la industria mexicana**

En los trabajos de Dasgupta *et al.* (1997) para el Banco Mundial sobre el desempeño ambiental en la industria mexicana, los autores analizan los determinantes del desempeño ambiental de una muestra de empresas mexicanas, con un énfasis especial en el efecto de políticas administrativas, el grado de esfuerzo para incrementar el desempeño ambiental y el tipo de estrategia administrativa puesta en práctica por la empresa. El estudio también comprende las repercusiones del desempeño de algunos otros factores como las relaciones entre la propiedad, economías de escala, sector, comercio y negocios, regulaciones locales, presión social de las comunidades, educación de los gerentes y experiencia, así como el grado de educación propia de los trabajadores. Justamente en este marco de análisis valdría la pena estudiar a Nhumo, pues es una empresa que declara tener un alto desempeño ambiental y todo su personal está compenetrado en el tema de la protección del medio ambiente, no sólo sus especialistas ambientales, lo cual es una de las principales aportaciones del trabajo mencionado del Banco Mundial.

De igual manera, reconoce que las políticas administrativas en el ámbito de la planta y el desempeño ambiental se determinan simultáneamente. Mediante el desarrollo de una estimulación econométrica, los autores realizan un modelo de dos etapas de mínimos cuadrados para obtener las variables del modelo de la distribución de la muestra, los índices administrativos y de desempeño ambiental. En este modelo, las variables significativas encontradas asociadas a los esfuerzos administrativos fueron: es-

cala (en los niveles de planta y firma); regulación y reforzamiento; educación general de los trabajadores; y el comercio público del acervo de la empresa.

Los autores utilizan un modelo de dos etapas, y en la primera de ellas la regresión resulta un instrumento para generar índices administrativos que serían usados con posterioridad en la ecuación de la segunda etapa, la cual a su vez prueba las fuentes de variación en cumplimiento de las regulaciones ambientales.

Los resultados de esta estimación econométrica resaltan la importancia de las variables administrativas y sugieren a la vez que la puesta en práctica de nuevos estándares internacionales (como el caso de ISO 14000) incrementaría significativamente el desempeño ambiental de las empresas mexicanas. De igual modo, los autores sugieren que el desempeño ambiental puede mejorar mediante la participación de los gerentes generales en las tareas ambientales, en lugar de delegarlo a gerentes especializados, puesto que conocen todo el proceso y pueden llevar a cabo mejoras en el mismo.

Las principales implicaciones encontradas en su estudio destacaban varios puntos:

1) El proceso es importante. Las plantas que instituyen procedimientos administrativos internos tipo ISO 14000 muestran un desempeño ambiental superior.

2) Las acciones mayores funcionan. El entrenamiento ambiental para todo el personal de planta es más efectivo que desarrollar un cuadro de especialistas ambientales; asignar tareas ambientales a los gerentes generales es más efectivo que usar gerentes ambientales especiales.

3) Las presiones regulatorias funcionan. Las plantas que han experimentado inspecciones regulatorias y de reforzamiento son mucho más limpias que sus contrapartes.

4) El escrutinio público promueve políticas ambientales más fuertes. Las firmas mexicanas que son tratadas de manera pública son significativamente más limpias que sus contrapartes que se mantienen en privado.

5) El tamaño importa. Las grandes plantas en firmas multiplantas son mucho más propensas a adoptar políticas que mejoran el desempeño ambiental.

6) La influencia de la OCDE no importa. Los análisis del control de la contaminación en los países en desarrollo generalmente asumen que las plantas relacionadas con las economías de la OCDE tienen un desempeño ambiental superior. Sin embargo, no se encontró un papel significativo para ningún vínculo con la OCDE: propiedad multinacional, comercio, entrenamiento administrativo o experiencia gerencial.

7) Las nuevas tecnologías no son significativamente más limpias. El estudio no encontró evidencias de que las plantas con equipos nuevos tengan un mejor desempeño ambiental, en virtud de que se consideran otros factores.

8) La educación promueve una producción más limpia. Las plantas con una mayor educación de sus trabajadores registran un esfuerzo de administración ambiental significativamente mayor y un mejor desempeño.

Por último, reconocen que es vital el entrenamiento general del personal de la empresa en temas ambientales, para coadyuvar en la resolución de esta labor de los gerentes generales. De este modo, el conocimiento está en el “ambiente” de la planta y se hace parte de la corporación.

## **Eco-innovación en las firmas y la industria, una alternativa tecnológica**

### *Algunos conceptos básicos*

Según estudios recientes de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico, OCDE (2001a), el proceso de innovación comprende diversos factores o elementos que abarcan desde la concepción de la idea, diseño, fabricación de prototipos, pruebas, fabricación del diseño (I+D) y comercialización, hasta obte-

ner un producto vendible en el mercado. Pero existen muchos otros elementos, como el proceso productivo, proveedores, insumos, productos vendibles, mercados, sistema productivo, etc., que pueden utilizarse para integrar la variable ambiental dentro de la multidimensión, de modo que la mejora continua, el aprendizaje y las mejores prácticas deriven en eco-producción y eco-eficiencia, no sólo como procesos administrativos, sino integrados desde el inicio del proceso y hasta su consecución final.

La OCDE (1999a) realiza un análisis para sus países miembro de la medida en que los diversos mecanismos de política ambiental se traducen en mejoras e innovaciones. El cuadro 9 muestra, para el caso de los países miembros —no incluido México—, la clase de respuesta tecnológica que tienen las empresas en general ante el establecimiento de una herramienta de tipo ambiental. En este sentido podemos observar que cuando el productor está comprometido con su empresa y la sociedad tiene mayor tendencia a generar innovaciones, y en nuestro caso lo podemos extrapolar a eco-innovaciones, los esquemas voluntarios resultan en menor impacto innovativo. Esto pudiera ser porque los esquemas voluntarios instan al cumplimiento, y esto no garantiza aprendizaje tecnológico y por ende innovaciones. Sin embargo, parece ser que los instrumentos relacionados con las mejoras productivas pudieran tener un impacto en las innovaciones incrementales, aunque no sería claro si se aplicaría para el caso mexicano, dadas las características de seguidores del mercado mundial.

Este tipo de información nos lleva a pensar si los esquemas con los que se conduce en la actualidad la industria química mexicana, como una industria madura y con una capacidad de respuesta a la innovación media en general, favorecerían o no la generación de cierto aprendizaje que se tradujera en eco-innovaciones, puesto que en un entorno diferente, parecería que sólo las empresas que están motivadas en lo interno lo harían, si se consideran las condiciones de un mercado que aún no exige cabalmente como condición de compra o permanencia los eco-productos, procesos o servicios.

CUADRO 9. Instrumentos de política ambiental y tipos de respuesta tecnológica

<i>Instrumentos</i>	<i>Innovación radical</i>	<i>Innovación incremental</i>	<i>Innovación continua</i>	<i>Difusión de tecnología</i>	<i>Grado de respuesta de una industria madura</i>
Estándares de productos	X	XX	X	XXX	X
Pruebas de mercado	X	XXX	N/A	N/A	—
Estándares de desempeño	X	XXX	XX	XX	X
Especificaciones tecnológicas	X	XX	X	XXX	—
Cargas contaminantes	X	XXX	XXX	XX	XX
Tratamiento de emisiones	X	XX	XX	X	XX
Subsidios ambientales	XX	XXX	XX	XXX	—
Responsabilidad del productor	XXX	XX	XX	X	XX
Esquemas voluntarios	X	XX	XX	XXX	XX

FUENTE: OCDE (1999a), citado en Heaton (1997). X = baja, XX = media, XXX = alta. N/A = no aplica.

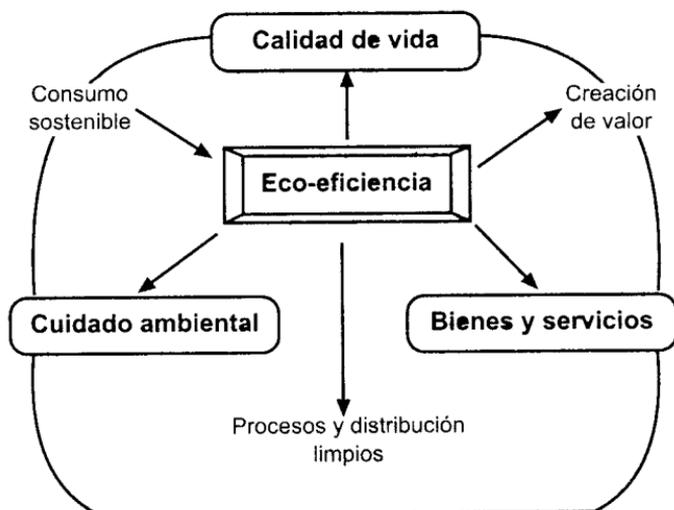
De acuerdo con Fussler y James (1998), por eco-innovación debemos entender el proceso de desarrollo de nuevos productos, servicios o procesos que proporcionan valor a los clientes y al negocio y que disminuyen al mismo tiempo el impacto ambiental. Lo anterior significa para la empresa el desempeño ambiental de sus marcas y el desarrollo de productos, procesos y servicios “eco-eficientes”.

Por ejemplo, para la empresa suiza Unilever, lo anterior incluye una creciente alerta de parte de los innovadores y estudiosos del mercado en la empresa; integración formal de las evaluaciones de “eco-eficiencia” en todos los programas de innovación; investigación sobre los hábitos de los consumidores frente al ambiente; y el desarrollo de programas de cooperación con la industria y sus distribuidores a fin de promover el desarrollo de productos con el menor impacto ambiental posible (Unilever, sitio web).

Por ende, el concepto de eco-innovación se encuentra íntimamente ligado al de eco-eficiencia. Éste fue acuñado originalmente por las empresas que forman parte del Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (CMEDS, World Business Council for Sustainable Development). La eco-eficiencia se alcanza con la producción de bienes y servicios competitivos que satisfagan las necesidades humanas y aporten calidad de vida, mientras se reduce, progresivamente, el impacto ambiental y el uso intensivo de recursos a lo largo del ciclo de vida del producto, a un nivel mínimo, acorde con la capacidad de carga de la tierra, como se puede ver en la figura 3 (Fussler, 1998). Y éste podría ser el enfoque actual de Nhumo, el abrazar la eco-eficiencia como motor de su proceso de búsqueda de mejora continua, y por ende de innovaciones incrementales en su proceso de negocio de humo, lo cual será tratado en el estudio de caso, pues cómo se llega a estas prácticas es importante, no sólo producto de la casuística.

La AISTAC y CEDES (2002) entienden la eco-eficiencia como la producción de más con menos, es decir, utilizar menos recursos naturales y energía en el proceso productivo, reducir los dese-

FIGURA 3. Las tres seguridades de la eco-eficiencia



FUENTE: Fussler y James, *op. cit.*, p. 138.

chos y atenuar la contaminación. Al hacer esto, se reducen continuamente los impactos ecológicos y la intensidad en el uso de los recursos a través del ciclo de vida del producto a un nivel igual o menor que la capacidad del medio ambiente para soportarlo.

En resumen, la meta final de la eco-eficiencia es buscar la elaboración de bienes y la prestación de servicios a precios competitivos, que satisfagan las necesidades humanas y eleven la calidad de vida de la población, al promover la reducción progresiva del impacto ambiental negativo de los productos. Sus características incluyen:

- *Énfasis en el servicio al cliente:* un conocimiento profundo de los servicios y productos que ofrecen les permite a las empresas abrir oportunidades para entregar productos menos intensivos desde el punto de vista ecológico y con mayor valor.
- *Énfasis en el ciclo de vida:* la actividad y éxito empresarial

serán cuantificados cada vez más por la forma en que sus productos o servicios satisfacen las necesidades de los clientes.

- *Ciclo de vida*: las empresas añaden valor a las actividades a través del control y evaluación del impacto en cada etapa. Un enfoque de ciclo de vida puede dar lugar a decisiones para rediseñar los procesos y productos, con el objetivo de minimizar el impacto, maximizar la eficiencia y medir el valor agregado generado.
- *Eco-capacidad*: el punto fundamental de la eficiencia es permitir a las empresas generar un mayor valor dentro de los límites impuestos por la capacidad de carga del planeta (capacidad de absorción<sup>3</sup> de residuos, mantenimiento de biodiversidad, etc.), a través de un proceso de mejora continua que refleje la filosofía “podemos hacer más con menos”.

Estos mismos organismos de los que Nhumo forma parte (AISTAC y CENDES, 2002) establecen que la eco-eficiencia ahorra dinero, pues al aplicar un programa de eco-eficiencia la reducción de costos puede reflejarse inmediatamente en los resultados de la empresa, con ahorros tales como: menor uso de materias primas, energía y agua. A largo plazo, quizá, podrían surgir otros ahorros adicionales al evitar multas costosas por suelos contaminados o por rebasar límites de contaminantes permitidos por la normatividad. Con la introducción de programas de este tipo, las empresas de la zona industrial Tampico-Altamira generaron

---

<sup>3</sup> A diferencia del término empleado en el apartado “Construcción de capacidades tecnológicas”, de este mismo trabajo, en términos fisicoquímicos, la *capacidad de absorción* se refiere a la “facilidad” con que se completa el fenómeno de transferencia de masa que se lleva a cabo en dos fases, cuando, por ejemplo, se disuelven en un líquido (llamado absorbente) uno o varios gases presentes en una corriente gaseosa (por ejemplo, aunque también puede intervenir el estado sólido como absorbente o desorbente), reduciendo así el gradiente de concentración original para la primera fase (en el caso citado, el líquido). (Solís y Labra, 1996; Coulson y Richardson, 1964.)

proyectos que contribuyeron al logro de objetivos comunes y aportaron un valor agregado, al tiempo que promovieron un desarrollo sostenible en beneficio de la industria y la comunidad. Las empresas se percataron de que los desechos que generaban eran señal de ineficiencia y buscaron reutilizar los residuos o subproductos para obtener beneficios económicos y ambientales. Gracias a la eco-eficiencia las empresas pueden contribuir al bienestar social de la población al crear fuentes estables de empleo y de productos amigables con el medio ambiente.

Entonces, encontramos de manera visible que la eco-innovación y la eco-eficiencia van de la mano; esto significa que no se puede hablar de una sin incluir a la otra. Y en este sentido, al ser conceptos complementarios, el reto de la empresa es integrar la eco-innovación en sus productos, procesos y servicios (PPS) de modo eco-eficiente.

Por su parte, y en un sentido ambientalista, algunas publicaciones especializadas han definido al desarrollo sostenible como el que satisface las necesidades esenciales del presente, sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades futuras. Es decir, el desarrollo con pleno respeto del entorno y con el máximo aprovechamiento de los recursos. Cabe mencionar que se trata de un concepto complejo que abarca las interrelaciones de distintas dimensiones sociales, económicas y ambientales, tanto en los ámbitos nacionales como en los regionales y globales, en un intento por integrar el desarrollo económico y social con el desempeño ambiental. Los componentes del desarrollo sostenible<sup>4</sup> incluyen el bienestar humano (salud, educación, vivienda, seguridad, protección a la infancia, etc.), el bienestar ambiental (aire, agua y suelo) y sus interacciones (población, equidad, distribución de la riqueza, desarrollo económico, producción y consumo, gobierno, etc. ). Por su parte, las dimensiones del mismo

---

<sup>4</sup> Para el propósito del presente trabajo, usaremos la expresión “desarrollo sostenible” en un sentido de uso eficiente con regeneración, es decir, aquello que se utilice tiene que ser reincorporado de manera que se conserve un equilibrio, y no se impacte negativamente al ambiente.

comprenden un capital humano y social (salud, destrezas, conocimiento, pertenencia, etc.), un capital económico (edificios, estructura, maquinaria, vehículos, etc.), y un capital ambiental (minerales, bosques, especies de flora y fauna, aire, agua, suelo, etc.). La sostenibilidad implica responsabilizar a los empleados de la firma, ciudadanos y comunidades, además de hacer referencia a la ética, la seguridad socioeconómica y el medio ambiente (*Este País. Tendencias y Opiniones, 2000*).

Aquí surge un punto que es importante mencionar: el enfoque estratégico del proceso eco-innovador es muy específico a cada sector industrial, además de la naturaleza del conocimiento requerido y de la especificidad del entorno, pero el enfoque estratégico de la empresa debería tener aspiraciones de desarrollo sostenible para ser capaz de reducir costos produciendo “limpiamente” y con ello empatar la nueva conducta de la firma con los gustos de la sociedad, es decir lograr una estrecha relación proveedor-usuario que le permita desarrollar cooperación en materia de tecnología y medio ambiente (OCDE, 2001b).

Para Fussler y James (1998), otro factor importante se refiere a la información, pues el acceso libre a ésta dentro de un país o entre los países es un aspecto fundamental para el desarrollo sostenible. En virtud de que se vinculan los medios de comunicación y una legislación que permite tener acceso a ella como instrumento político, éstos se traducen en el primer paso para tener una base sólida de “justicia ambiental” y una industria “limpia”. En este sentido se pueden identificar tres elementos que mejoran la información y ofrecen incentivos para un consumo sostenible:

1) La internacionalización de los costos ambientales, pues si en el mercado global se tornan homogéneos los costos por conceptos ambientales, los productores y consumidores estarían de acuerdo en incluir esta variable y, por ende, una posible variación de los precios sería aceptada socioeconómicamente.

2) Los códigos de conducta en publicidad, porque al tener mayores elementos informativos y menos subjetivos, las firmas pueden mostrar un alto contenido social en su mercadotecnia.

3) Las eco-etiquetas, relacionadas con información real en publicidad, pero que además permitan a los consumidores identificar los productos “amigables” con el entorno. Ello les otorgaría un valor agregado, es decir, favorecería la creación de valor en los productos.

Para estos mismos autores, dentro de todos los posibles motivantes a la eco-innovación (presiones sociales, legislación ambiental, cuotas para la protección del medio ambiente, cuotas sobre la extracción de recursos naturales, deducción de impuestos, posicionamiento dentro de mercados específicos, estado financiero de la empresa, política ambiental del país en que se encuentre, misión de la firma, etc.), el punto de competitividad de las empresas es un punto medular para la decisión estratégica<sup>5</sup> en una economía de mercado. Puesto que el objetivo primordial de toda empresa es obtener beneficios, para lo cual deben ser competitivas, entonces al perder esta característica la firma estaría condenada a salir del mercado. Por ello, las empresas pueden tomar dos posturas respecto a la cuestión ambiental:

1) Debido a que una mejora en cuestiones “ambientales” significa para la firma costos adicionales, esto es, una inversión que no genera un valor tangible y es vista como una carga extra que pudiera amenazar su competitividad, solamente se introduce el mínimo, de manera que apenas satisfaga las múltiples exigencias formales tipo.

2) Por el contrario, si el mercado de bienes específico se establece de modo que el desempeño ambiental se convierte en una condición de competitividad, por ejemplo, con la introducción de normas para el conjunto de la industria como la responsabili-

---

<sup>5</sup> Se entiende estrategia como “la determinación de los objetivos básicos de largo plazo de la firma, y la adopción de cursos de acción y la asignación de recursos necesarios para el logro de esos objetivos”. J. Loyola y M. Schettino (1994), *Estrategia empresarial en una economía global*, México, Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas, México, Ibero América, pp. 177-181.

dad integral<sup>6</sup> o la puesta en práctica de incentivos por disminuir impuestos, la firma adoptará una actitud proactiva que buscará explotar una ventaja competitiva resultado de una buena gestión de la empresa, y con ello generará “utilidades con principios”.

Otro punto de especial consideración es el papel de los consumidores en el “mercado verde y café” del medio ambiente, además del papel de las políticas públicas que dan soporte y estructura a tecnologías ambientales específicas, y no sólo eso, sino que motivan a las firmas a eco-innovar como parte de su estrategia de negocios, y crear oportunidades a partir de lo que antes se considerarían costos ambientales y una carga al costo total del producto (Jenkins, 2001; OCDE, 2001c).

En una economía global especializada de rápido movimiento y cambio, el apoyo de tecnologías específicas, sectores o firmas puede resultar especialmente productivo para los países. Pero los *procesos de adquisición de conocimiento* desempeñan un papel fundamental en dicha dinámica, de manera que de su adquisición o desarrollo dependería en gran medida la obtención de una integración de la tecnología y el medio ambiente en una firma (Haurie *et al.*, 1996). En una dinámica de adquisición de procesos es conveniente entender cómo se dan los tiempos de adopción, pues no se dan de manera instantánea, sino más bien gradual.

### *Los patrones de adopción de las eco-innovaciones*

Para Fussler y James<sup>7</sup> (1998) prácticamente todas las tecnologías siguen un patrón determinado y común:

---

<sup>6</sup> Es decir, la completa responsabilidad de una firma por sus productos, desde las materias primas hasta la disposición final del producto o los subproductos. Para mayor información, consúltese con ANIQ (Asociación Nacional de la Industria Química), México. [www.aniq.org.mx](http://www.aniq.org.mx)

<sup>7</sup> *Op. cit.*, pp. 33-44.

1) Una primera fase de ensayo y error que puede tener lugar durante varias décadas.

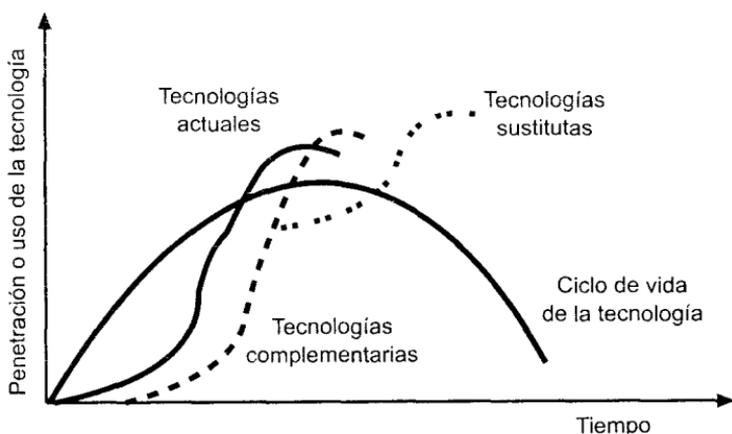
2) Una segunda fase de rápida mejora con múltiples innovaciones radicales.

3) Una fase final de madurez, caracterizada por mejoras incrementales y por la consolidación de la tecnología.

Además de lo anterior, la literatura también sugiere la existencia de una etapa de declinación que condiciona la existencia futura de la tecnología y que sugiere una etapa de toma de decisiones hacia otros paradigmas tecnológicos, en el sentido utilizado por las definiciones del capítulo precedente, como se muestra en la figura 4 para el caso general del ciclo de vida de una tecnología, como sería el negro de humo en nuestro estudio.

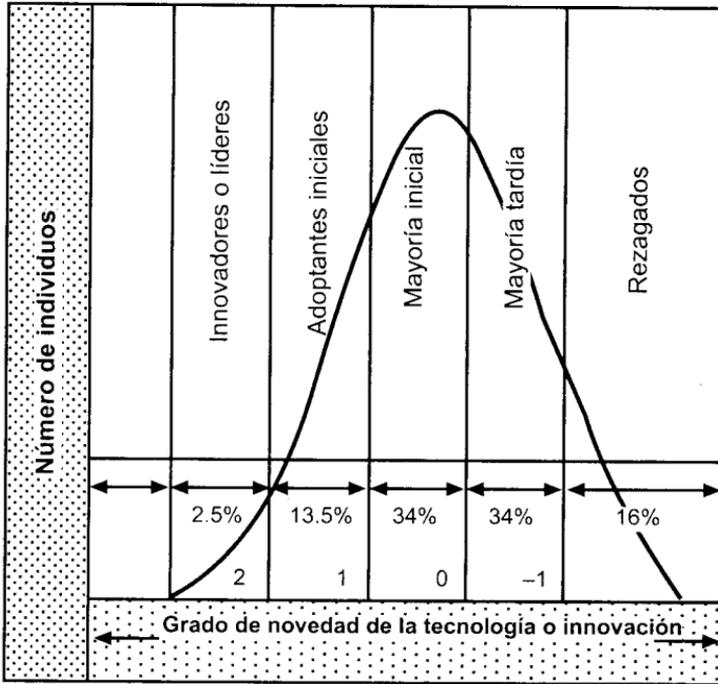
Al respecto, y como se explica con mayor detalle en párrafos posteriores, el surgimiento de tecnologías complementarias o emergentes determina en gran medida la estrategia que la empresa pudiera seguir en relación con su base tecnológica existente

FIGURA 4. *Ciclo de vida de la tecnología típico para un proceso dado*



FUENTE: elaboración propia con base en Ford (1988).

FIGURA 5. Patrones de adopción de las tecnologías y eco-innovaciones



FUENTE: elaboración propia a partir de P. James y C. Fussler (1998).

e incluso el surgimiento de ciclos de vida de otras tecnologías superiores en el esquema mostrado. Los procesos de adopción de una nueva tecnología o de una innovación no son tarea fácil y también cumplen con determinadas etapas que condicionan su éxito o su fracaso, pues las condiciones externas a la empresa pueden modificar su velocidad de introducción.

Si se trasladaran todos los elementos anteriores, se tendría una curva "S" como se muestra en la figura 6. Las tecnologías no pueden pasar a una etapa posterior en la curva "S" si no existe demanda para los productos que las incorporan. La forma de la "curva de adopción" (que mide el porcentaje de clientes potenciales que adoptan las nuevas tecnologías y productos) es tam-

bién de tipo “S”. A menudo las mejoras radicales vienen con retraso. Los innovadores, los que siempre buscan “lo nuevo”, son sólo una pequeña proporción de la población total. Otros actores sociales son más cautos y les lleva tiempo familiarizarse con cosas con las que nunca hubieran pensado. El despegue de la tecnología tiene lugar cuando los primeros adoptantes están dispuestos a probar cosas nuevas, y se acelera conforme alcanza a la mayoría.

Si juntamos la curva de rendimiento “S” y la curva de demanda “S” obtendremos el modelo que se muestra en la figura 6. La primera etapa es de experimentación rápida y da como resultado una amplia variedad de diseños. Los empresarios tratarán de averiguar cómo se puede asociar un potencial técnico incierto con las necesidades aún no establecidas de los clientes. Sus homólogos son los adoptantes iniciales, que buscan las innovaciones más modernas y avanzadas.

La necesidad de crear, por un lado, una tecnología eficaz y, por el otro, de contribuir a generar demanda significa que el proceso de innovación es difícil y consumidor del factor tiempo escaso.

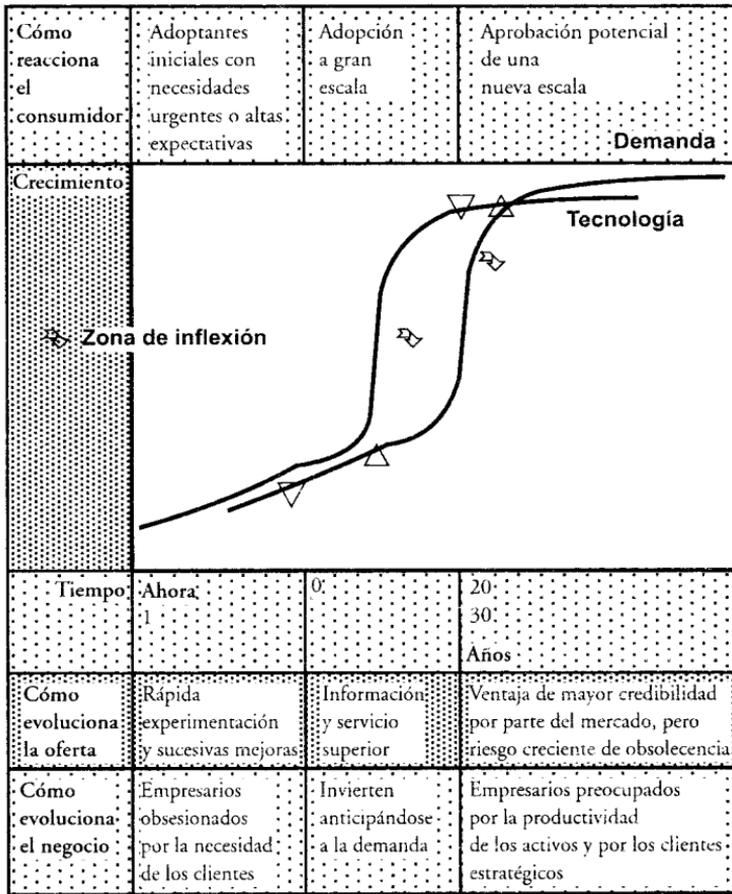
Por último, si bien hemos analizado de manera general los elementos que podrían motivar a la empresa a diseñar una estrategia de gestión, para Fussler y James (1998) existen tres elementos que podríamos considerar fuerzas impulsoras para construir los escenarios que ayudarían a la firma a sortear la incertidumbre de la eco-innovación y la gestión de ambiente, que son:

1) La demografía, debido al crecimiento poblacional, su estructura e implicaciones socioeconómicas.

2) La presión social y las formas cambiantes de la creación de valor de las firmas.

3) Los procesos de aprendizaje y de acumulación del *know-how* “ambiental” de la empresa constituyen en sí un factor determinante para el éxito de la eco-innovación y la gestión del ambiente, pues se trata de un área de reciente desarrollo que requiere aprendizaje interno y externo, pues la generación de un nuevo

FIGURA 6. La curva "S". Eco-innovación y adopción



FUENTE: P. James y C. Fussler (1998), *Eco-innovación*, Madrid, Mundiprensa, p. 36.

proceso de innovación requeriría un proceso de aprendizaje colectivo efectivo, de la firma y los consumidores (Rothwell, 1994).

Justamente por la noción de que los procesos de aprendizaje "ambiental" son importantes, en el siguiente apartado abordaremos un caso para las empresas suizas que pudiera servir como marco de referencia para el tema en estudio.

## Aprendizaje ambiental en la empresa

Uno de los pocos autores que ha abordado el tema del proceso de aprendizaje ambiental en las empresas, November (1995), establece que el análisis de información relacionado con las empresas permite establecer diferentes etapas de su proceso de aprendizaje en materia ambiental. Los principales elementos considerados como determinantes para establecer dichos procesos son los siguientes:

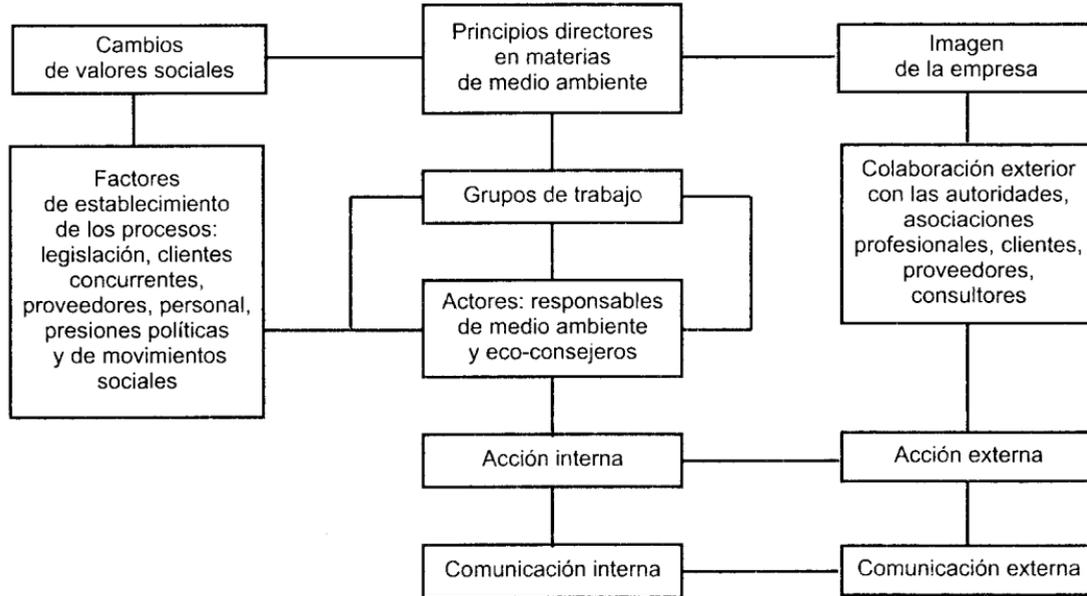
- a) Los factores de establecimiento del proceso de aprendizaje
- b) Los principios directores y la estrategia ambiental de la empresa
- c) La puesta en marcha de grupos de trabajo
- d) Las acciones internas y externas
- e) La comunicación interna y externa
- f) La colaboración con las partes exteriores a la empresa

En un estudio realizado por este autor, con una muestra de empresas públicas y privadas suizas que contaban ya con una base estructural más o menos desarrollada de gestión del medio ambiente, se mostró que los elementos determinantes para el aprendizaje ambiental tenían una interrelación esquematizada en la figura 7.

### *Los factores de establecimiento de los procesos*

Algunos de los principales factores para establecer un proceso de aprendizaje ambiental parecen estar influidos en primera instancia por la legislación ambiental. De esta manera, una empresa participa con un esquema de cumplimiento de la legislación, sin introducir un sistema de gestión ambiental; mientras que con otras empresas, las que nos interesa estudiar, se establece un proceso de aprendizaje producto de su orientación estratégica y de mercado.

FIGURA 7. *Modelo de aprendizaje ambiental en empresas suizas*



FUENTE: A. November (1995).

Un hecho que parece iniciar los procesos de aprendizaje son los eventos importantes ocurridos en la vida de la organización o bien que marcan un hito en la misma. Por ejemplo, en la industria química se tiene una historia evidente de desastres ambientales que han acelerado la generación de métodos de producción respetuosos del medio ambiente. Pero existen otros factores, como los influidos por las relaciones productor-usuario —en el caso de empresas que poseen sistemas de gestión del ambiente—, que motivan a sus proveedores a tomar los mismos preceptos y adaptar los suministros a las exigencias de los sistemas ambientales que la empresa establece para su gestión interna.

Existen algunos otros factores indirectos que coadyuvan a establecer el aprendizaje ambiental en la empresa, como puede ser la emergencia de la conciencia ambiental en la población, el surgimiento de amenazas evidentes al entorno, como los originados por la contaminación y el cambio climático, y los cambios en los hábitos de consumo.

A manera de resumen podemos decir, con base en los trabajos de November(1995) y Barkin (2000), y con evidencia del entorno europeo para el primer autor y el mexicano para el segundo, que al parecer el interés público por los temas de medio ambiente ha influido en los negocios en los últimos veinticinco años. Las actitudes políticas e industriales también parecen haber cambiado de una posición de cumplimiento a una de acercamiento voluntario que va más allá de cumplir, como el caso de las iniciativas de responsabilidad integral de la ANIQ en México. En este marco, parece que algunas empresas con una buena gestión del conocimiento (al menos con una esquematización dada por los sistemas ISO) han encontrado que una buena administración ambiental también puede ser buena para el negocio, pues los sistemas de administración ambiental son un elemento clave de la estrategia total para lograr metas ambientales y las metas del negocio simultáneamente. Es común que esto ocurra cuando un buen número de empresas de este tipo son filiales de empresas extranjeras, para el caso mexicano, como se muestra en algunos trabajos de García-John (2000) sobre la importación del “ambientalismo” en México.

Justamente esta conjunción de factores origina, al parecer, un comportamiento proactivo para introducir la variable ambiental en las organizaciones. De hecho, el aprendizaje ambiental parece nacer de la interacción entre las presiones (internas y externas) que se ejercen sobre la empresa. Y, por tanto, ante un momento crítico a las preocupaciones sociales y ambientales, algunas empresas parecieron entrar en diálogo con su entorno e iniciaron su aprendizaje ambiental, mientras que otras se conformaron con tener un comportamiento minimalista limitado a aplicar la legislación, adaptándose a cada momento, sin interiorizar el conocimiento.

En este sentido, vale la pena, en el apartado metodológico, intentar extraer lecciones para el caso de Nhumo, pues la orientación estratégica de la eco-eficiencia o puesta en práctica de sistemas de gestión ambientales pudo haber sido motivada por diversos factores, que influirían, como hemos visto en el apartado sobre *capacidad de absorción*, en la toma de decisiones a futuro si es que se ha generado un tipo u otro de *inercias* que pudieran modificar positiva o negativamente sus factores de competitividad y generación de valor.

### *Los principios directores de las empresas*

La mayoría de las empresas estudiadas para el caso suizo mostraron tener documentos que describían la filosofía en materia de medio ambiente de la firma, y la terminología utilizada era diversa, mas no así los valores y los objetivos fundamentales que motivan la adhesión del personal a la cultura de la empresa, integrados en un cuadro económico, tecnológico y ambiental.

### *La estrategia ambiental de la empresa*

Al establecer las empresas sus líneas directrices en materia ambiental, se supone que están preparadas para desarrollar una es-

trategia acorde con sus objetivos económicos, de calidad, tecnológicos y que satisfagan las expectativas de los inversionistas, directivos, personal, clientes y comunidad. Así, se tiene que los principios ambientales se formulan en términos generales, cualitativos, y su validez es atemporal, mientras que la estrategia de la empresa está basada en las acciones, pues establece las prioridades y los objetivos cuantitativos de manera que puedan ser controlados, medidos y alcanzados.

### *La puesta en marcha de un sistema de gestión ambiental*

La puesta en marcha implica una serie de acciones dirigidas por los líderes o motivantes de la implantación de un sistema de gestión ambiental, pero las tareas operativas y de implementación las llevan a cabo equipos de trabajo según esquemas de comisiones, grupos, etc. Uno de los principales objetivos de estos equipos es *iniciar el proceso de aprendizaje* que posteriormente, mediante diversos mecanismos, elaborarán un marco de referencia para transmitirlo al resto de la empresa mediante la puesta en práctica de todas estas ideas respecto al medio ambiente, es decir, un *aprender haciendo*.

### *Comunicación y colaboración*

Finalmente, puesto que los procesos de aprendizaje pueden ser vistos en términos de los mecanismos de comunicación entre los actores y la disponibilidad del uso de la información, este último componente del modelo sugiere una importancia excepcional. No sólo dentro de la empresa (que en el sentido de Leonard-Barton enunciado en el capítulo anterior sugiere que ciertas actividades de aprendizaje están dentro de la firma, pero otras se pueden encontrar fuera), sino que los procesos de comunicación externa pueden resultar en interacciones que generen una retroalimentación para la propia empresa.

Mientras que la comunicación interna favorezca los mecanismos de interiorización del conocimiento en un sentido más o menos apegado a la espiral del conocimiento de Nonaka y Takeuchi (1995) y los de November (1995), que propone un *proceso de aprendizaje ambiental* iniciado por la *adaptación* creada por una condición imperativa de instaurar un principio ambiental en la práctica cotidiana de la empresa, seguido de una etapa de *iniciación* que motive crear una conciencia moral de la importancia de la variable ambiental, para continuar con una *dinámica operacional y técnica* que se apoye en las estructuras existentes para elaborar un proyecto ambiental de la empresa y, por último, una *dinámica estratégica* que busque integrar los principios ambientales en la estrategia, cultura, estructura y métodos de la producción.

En el mismo sentido de extraer lecciones para el caso de la empresa en estudio, resultaría interesante, puesto que la empresa ha recibido diversos reconocimientos en materia ambiental, que las herramientas y principios directores que utiliza le permitieran generar aprendizaje ambiental y, en un sentido más ambicioso, le permitieran desarrollar ciertas capacidades tecnológicas para desarrollar eco-innovaciones y gerenciar su tecnología. En relación con este apartado, a continuación abordamos diversos mecanismos de gestión ambiental que pudieran representar para la empresa una herramienta para integrar la variable ambiental entre las demás, y cuestionaremos si este tipo de mecanismos pudieran extraer aprendizaje tecnológico-ambiental para las empresas que los utilicen.

## Alternativas actuales a la integración de la variable ambiental en los procesos de la industria química hacia la eco-innovación y el aprendizaje ambiental

### *El Programa de Responsabilidad Integral*

Responsabilidad Integral surge en 1985 como una iniciativa voluntaria de la industria química canadiense con el nombre de *Responsible Care*. Su objetivo<sup>8</sup> es incorporar, en la administración de los negocios de las empresas, el manejo de los aspectos ambientales, de salud y seguridad, originados por sus operaciones, mediante la implantación de un sistema de administración. Este programa pretende que las empresas adoptantes transformen su cultura y desarrollen un proceso de mejora continua que les permita alcanzar niveles de desempeño que refuercen su competitividad en los mercados y les ayude a cumplir los requisitos legales vigentes en el país y a mantener una relación armónica con las autoridades y la comunidad. Cabe mencionar que es un requisito de membresía para las empresas asociadas la implantación del programa. La filosofía y los lineamientos mayores de Responsabilidad Integral se establecen en sus principios generales, por lo que cada empresa debe administrar las funciones de seguridad, salud y protección ambiental de acuerdo con estos principios, reconociendo que como miembro de la Asociación Nacional de la Industria Química, existe un compromiso para mejorar la administración responsable de la industria química (ANIQ, sitio web).

Los Códigos de Prácticas Administrativas son documentos técnico-administrativos que concretan los conceptos establecidos en los principios generales. Tienen su origen en el ciclo de vida de los productos (concepción del producto hasta su disposición final). Por ello, los Códigos de Prácticas Administrativas

---

<sup>8</sup> El Programa de Responsabilidad Integral es administrado exclusivamente, y está registrado en México por la Asociación Nacional de la Industria Química, ANIQ.

constituyen la base para la implantación operativa del programa, y son los siguientes:

- Prevención y control de la contaminación ambiental
- Seguridad en los procesos
- Seguridad y salud en el trabajo
- Protección a la comunidad
- Transporte y distribución
- Seguridad de producto

La experiencia cotidiana de las empresas químicas en México muestra que este tipo de esquemas voluntarios, como Responsabilidad Integral, favorecen la introducción de las variables ambientales al colectivo de la empresa, y en un sentido más amplio, otras variables de seguridad e integración con la comunidad que motivan la codificación del conocimiento en la elaboración de los manuales de cada firma. Este programa, al seguir un esquema de cumplimiento, limita la capacidad creativa en el desarrollo de eco-innovaciones, pues no promueve la eco-innovación en un sentido estricto. Lo rescatable y valioso para el propósito de estudio es que la mejora continua, como vimos anteriormente, está ligada a la noción de eficiencia productiva, y ésta a su vez, en cierto grado, a los procesos de innovación.

### *Los esquemas voluntarios de auditorías ambientales y los sistemas de gestión ambiental*

#### Los esquemas voluntarios de auditorías ambientales

Los esquemas voluntarios usualmente representan un punto final en el proceso de negociación entre autoridades y empresas sobre el grado y naturaleza de las mejoras ambientales que debería ocurrir en determinado contexto. Pero el término “voluntario” es cuestionable, puesto que es una respuesta a la presión en lugar de un cambio voluntario de la empresa (OCDE, 1999a).

En el caso de las *auditorías ambientales*, de manera general éstas tienen por objeto diagnosticar el impacto ambiental de una instalación industrial sobre su medio ambiente, determinar el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente, revisar y actualizar los planes de contingencias en caso de siniestro, mejorar la imagen pública de la empresa ante clientes y comunidad, así como optimizar indirectamente los procesos de transformación de tal manera que ya no sean necesarios los equipos de reducción de la contaminación en el punto de la emisión o que los que se instalen sean menos costosos (Conesa, 1997).

En México desde 1992 se cuenta con el Programa Nacional de Auditorías Ambientales, creado por el gobierno federal a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa). Actualmente dicha procuraduría reconoce tres niveles de desempeño ambiental: de *cumplimiento ambiental*, de *industria limpia* y de *excelencia ambiental* para los sectores automotriz, químico y petroquímico, textil, farmacéutico, alimentos, maquilador, etc. El *cumplimiento ambiental* es otorgado a las empresas que mantienen o demuestran la observancia de la legislación ambiental; la *industria limpia* supone la inclusión de aspectos no normados y la consolidación de un sistema de gestión ambiental; finalmente, la *excelencia ambiental* se otorga a empresas que además de cumplir con normatividades utilizan otras herramientas como un sistema de calidad y gestión ambiental, programas de mejora continua y el manejo de indicadores de desempeño ambiental (Profepa, 2002).

En el análisis del favorecimiento del aprendizaje ambiental en la IQM, los esquemas de auditorías ambientales son una herramienta que permite establecer el “estado del arte” de la tecnología ambiental de la propia empresa y un mecanismo de control de la gestión del medio ambiente en la empresa (Conesa, 1997), pero también tienen un carácter limitativo al establecimiento de un proceso de aprendizaje al tener sólo un carácter de revisor, pues difícilmente la auditoría *per se* motiva en forma directa e inmediata la integración de otros mecanismos que sí favorezcan este proceso. Sin embargo, cabe reconocer su carácter de primer

acercamiento a los temas de generación de ciertos tipos de habilidades producto de la motivación de la introducción de los sistemas de gestión, que como vimos antes forman parte del modelo de aprendizaje tecnológico para las firmas.

### Los sistemas de gestión ambiental (SGA)

Hoy en día los sistemas de gestión ambiental son muy comunes en todo el mundo y tienden a combinar elementos del nivel corporativo con las prácticas de gestión de calidad dentro de sistemas que suponen proporcionar a las empresas un acercamiento holístico al cumplimiento de las metas ambientales. Un sistema de gestión ambiental es la parte de la estructura gerencial que se dirige a las repercusiones a corto y largo plazos de sus productos, procesos y servicios en el ambiente. Como cualquier sistema de gestión, el SGA da orden y consistencia en la metodología de la organización a través de la asignación de recursos, responsabilidades, y de la evaluación en curso de prácticas sobre procedimientos y procesos, y le permite ver las interrelaciones de los diferentes departamentos de una actividad. Dichos sistemas pueden basarse en los sistemas internos de la compañía y sus requerimientos administrativos; programas industriales; o sobre estándares voluntarios nacionales e internacionales, como los sistemas ISO (Oropeza y Coronado, 1995; Conesa, 1997; Daimler Chrysler, 2001). Es importante hacer notar que los SGA no cumplen con todos sus adherentes a las nuevas metas ambientales, sino sólo a los procesos que le aseguren que pueden ser regulados o brinden alguna garantía de desempeño con resultados en el largo plazo, ya que proporcionan un proceso de evaluación continuo y esto puede crear un inventivo continuo para los cambios tecnológicos; de otro modo sería muy optimista esperar innovaciones organizacionales en el corto plazo (OCDE, 1999a).

De manera general, un sistema de gestión ambiental cuenta con *elementos característicos* que corresponden a un ciclo administrativo con compromiso de la gerencia, política ambiental, planeación, aplicación de programas para implementar la políti-

ca, monitoreo y acciones correctivas, y la revisión gerencial o control para la actualización del sistema. Posee además diversas *herramientas* que pueden clasificarse en: *preventivas*, que se ponen en práctica cuando se inician nuevos proyectos o actividades; *correctivas*, cuando ya se opera el sistema, y *auxiliares*, que responden al papel de recursos técnicos para que los dos primeros se desarrollen efectivamente (Conesa, 1997).

Diversos autores y compañías (November, 1995; Perry Johnson, 1996; DaimlerChrysler, 2001; Villavicencio y Salinas, 2002) han encontrado familiaridades entre los sistemas de gestión ambiental y los de aseguramiento de la calidad (SAC) y los procesos de creación de conocimiento. Ambos tienen exigencias comunes para el compromiso de la gerencia, políticas, asignación de responsabilidades, entrenamiento, documentación y control de los documentos (codificación), acciones correctivas, revisión gerencial y mejora continua que ha motivado que muchas compañías integren sus SGA con el SAC (DaimlerChrysler, 2001). Sus métodos se aplican a una administración transversal, dinámica de grupos (círculos de calidad), motivación del personal y la visión de la gestión de productos a lo largo de su ciclo de vida (November, 1995).

Entonces, si la integración de ambos sistemas administrativos es factible dadas sus similitudes, y la evidencia para la industria automotriz del estudio de Villavicencio y Salinas (2002) muestra que su implementación favorece los procesos de codificación, mediante la formación de equipos de trabajo se promueve la cooperación y la circulación horizontal y vertical de los conocimientos de los diversos miembros del equipo. Resulta una hipótesis del estudio (y que conviene retomar para la presente tesis) que los SAC-SGA representan dispositivos organizacionales que incitan a crear conocimiento y, en ese sentido, dan contenido empírico a la noción de *espiral de conocimiento* explicada en el apartado de este trabajo relacionado con el aprendizaje tecnológico en la firma. La hipótesis anterior parece fortalecerse con los estudios de la OCDE (1999a) relacionados con los efectos tecnológicos de las políticas ambientales que muestran que los sistemas

de administración ambiental podrían motivar la generación de innovaciones debido al gran potencial que tienen algunos medios de información y herramientas administrativas:

1) La gran aceptación que tiene la certificación ISO14000 como un complemento a la regulación que posiblemente reduce las presiones de este tipo y genera ciertas habilidades de gestión del ambiente.

2) El desarrollo de indicadores ambientales nuevos y mejorados en las firmas que tienen soporte en las economías nacionales.

Vale la pena preguntarse si para el caso de la industria química mexicana, y como un caso de ésta Nhumo, en qué medida la introducción de normas como la ISO14000 se transforma en instrumentos que codifican comportamientos y conocimientos y por ende suscita aprendizaje y éste a su vez eco-innovación.

### *El diseño para el medio ambiente o eco-diseño*

El diseño para el medio ambiente es un programa de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) relacionado con la difusión de la tecnología ambiental. Establecido en 1992, fue diseñado para ayudar a la incorporación de consideraciones ambientales a los negocios, tales como la reducción de riesgos, diseño y rediseño de productos, procesos y sistemas técnicos y administrativos. Los cambios en diseño están relacionados con implantar la prevención de la contaminación, uso eficiente de energía y otras medidas de conservación de recursos, productos reciclables, desensamblables y restaurables, así como dar un cuidadoso seguimiento de los costos ambientales asociados con cada proceso o producto. En este caso la EPA ha notado la dificultad de financiar estas tecnologías, lo que se traduce en una limitante para el desarrollo de estos programas, puesto que la comunidad empresarial aún tiende a tomar a la inversión en medio ambiente como un riesgo más que como una oportunidad, en par-

te quizás por el hecho de que las empresas todavía no saben cómo estimar la tasa de retorno en inversión para prevenir la contaminación (OCDE, 1999, EPA sitio web).

### *La química verde*

La química verde se refiere al diseño de productos y procesos químicos que reducen o eliminan el uso y generación de sustancias peligrosas, y ha sido referida como un mecanismo de prevención de la contaminación en el nivel molecular. Esta área emergente reconoce que durante la fase de diseño de cualquier síntesis química, producto o proceso, la reducción de los riesgos debe ser un criterio de desempeño. Más aún, los riesgos deben verse como una propiedad fisicoquímica que puede ser manipulada y controlada en el nivel molecular. El programa de química verde fue establecido inicialmente en 1990 por la EPA para promover la prevención de la contaminación y la ecología industrial en cooperación con la industria química a través de premios y reconocimientos, además de una extensiva cooperación con la academia (Anastasas *et al.*, 2001a; EPA, sitio web; OCDE, 1999b).

### *La ingeniería verde*

La ingeniería verde se define como el diseño, la comercialización y el uso de sistemas y unidades de procesos y productos que evitan o reducen la necesidad de usar sustancias peligrosas mediante la minimización del uso de energía y la generación de productos indeseados; también es conocida como la próxima generación de protección ambiental en ingeniería química. Esta disciplina comprende el concepto de que las decisiones de proteger la salud humana y el medio ambiente pueden tener un gran impacto y efectividad de costos cuando se aplican de manera temprana en la fase de diseño y desarrollo de un proceso o producto (Anastasas *et al.*, 2001a; EPA, sitio web).

## *La producción más limpia*

La producción más limpia (P+L) es la aplicación continua de una *estrategia integral ambiental preventiva* a procesos, productos y servicios con el propósito de incrementar la eco-eficiencia y reducir los riesgos a los seres humanos y al ambiente. Su aplicación en *procesos productivos* se da al conservar materias primas y energía, eliminar materias tóxicas y reducir la cantidad de toxicidad de todas las emisiones y residuos desde la fuente. En *productos*, reduce los impactos negativos a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, desde el diseño hasta su disposición final. En *servicios*, incorpora cuidados ambientales en el diseño y la entrega de servicios. La producción más limpia requiere un cambio de actitudes, el ejercicio responsable de la administración ambiental y la evaluación de opciones tecnológicas.

Estas últimas cuatro opciones de herramientas para integrar la variable ambiental tienen un carácter similar y complementario en el sentido de que ya consideran la eliminación de los problemas antes de generarlos, lo que supone un conocimiento del producto o proceso de que se trate para poder realizar modificaciones durante la marcha. Las herramientas que permiten realizar los cambios desde el diseño suponen la existencia de una base de investigación y desarrollo en la empresa que los aplique, o bien, un departamento de ingeniería capaz de realizar dichas incorporaciones en el diseño, más aún cuando se trata del nivel molecular. Es conveniente preguntarse si este tipo de herramientas presentes en una empresa como Nhumo podrían motivar los procesos de aprendizaje que le permitan eco-innovar y ser eco-eficiente, lo cual analizaremos en el estudio de caso.



### III. Tecnología, innovación y medio ambiente en Nhumo

En este capítulo presentamos los resultados más sobresalientes del estudio de caso realizado en Nhumo en materia de cambio tecnológico, innovación y medio ambiente.

La historia de la empresa no podría comprenderse en su totalidad si dejáramos de establecer un marco de referencia adecuado; por ello, explicaremos en primera instancia cuáles son las mayores influencias de la empresa, dictadas por el ambiente corporativo y las características del negocio, expresadas como la pertenencia al Grupo DESC y posteriormente el establecimiento de una *joint venture* entre GIRSA y Cabot. Posteriormente explicaremos la metodología de estudio de caso empleada para, al final, describir los principales hallazgos del estudio, y así poder realizar inferencias y aportaciones que permitan resolver las preguntas planteadas para la investigación.

#### Descripción de la empresa

##### *Antecedentes de DESC*

En 1973 nació en México Desarrollo Económico, S. C.,<sup>1</sup> cuando a Senderos Irigoyen se le ocurrió crear una sociedad de fo-

---

<sup>1</sup> Información obtenida del sitio web del grupo: [www.desc.com.mx](http://www.desc.com.mx)

mento industrial que canalizara, por una parte, los recursos financieros provenientes de varios inversionistas y, por la otra, organizara un grupo técnico especializado que asesorara profesionalmente tanto a las empresas ya existentes como a las que estaban por fundarse.

Parte importante de los cimientos conceptuales de la fórmula DESC de Manuel Senderos es la diversificación. Una meta en la diversificación es que las áreas sean compatibles para que la administración pueda optimizarse. La función de DESC no es directa pues no compra ni vende ni produce. Suministra servicios y dirección; define quién debe manejar sus empresas y según qué políticas. Es un trabajo estratégico, de planeación, que conlleva mucho más contenido conceptual que de acción para cumplir cabalmente con su papel de empresa de empresas. La capacitación es otro de los elementos clave en esta fórmula. DESC invierte importantes sumas de dinero en la capacitación de su personal.

Desde el principio DESC empieza a actuar no sólo como una unión de accionistas de diferentes empresas —como Negromex, Industrias Resistol y Spicer, que ya existían—, sino como participante activo en la definición de políticas en las empresas en las que tiene inversiones. Esto lo hace a través de un grupo de profesionales especializados que, además, vigilan y supervisan el manejo de todas ellas, pero sin interferir en sus operaciones directas. La clave era evitar la centralización, a pesar de la fuerza del grupo.

Otro punto importante en el proceso de desarrollo de esta compañía tenedora de acciones fue el hecho de ser una organización absolutamente mexicana. Esto le traía ventajas importantes, ya que no tenía que rendir cuentas a sedes del exterior, y le permitió asociarse con quien le convino (y esto le dio mayor capacidad de negociación).

Con base en lo anterior, cada empresa de DESC ha tenido su propio crecimiento y ha determinado su diversificación, creándose polos de desarrollo, con el objeto de aprovechar las condiciones del mercado y convertirse en empresas con una presencia significativa. La sinergia que da el número y la importancia de

cada una de las empresas que forman DESC permite darles apoyo en diversas áreas como: producción, finanzas, recursos humanos, relaciones gubernamentales (DESC, sitio web).

### *Perfil del grupo*

DESC, S.A. de C.V., uno de los mayores grupos mexicanos, enfoca su actividad en cuatro sectores del negocio: autopartes, químico, alimentos e inmobiliario. Su diversificación le permite compensar los efectos de la ciclicidad natural de los sectores del negocio en los que participa y concentrar sus inversiones y esfuerzos en las áreas en las que las circunstancias económicas específicas ofrecen las mayores oportunidades.

Durante 2001 se consolidó la organización en tres grupos de negocio, y quedó como se muestra en el cuadro 11.

### *El sector químico de DESC: GIRSA*

El caso del Grupo Industrial Resistol, GIRSA,<sup>2</sup> dentro de la historia empresarial mexicana ha tenido un desarrollo particular, pues se trata de una empresa precursora en su ramo y que ha colaborado en múltiples ocasiones en el desarrollo de diversos programas de mejoramiento del ambiente, como el caso de Responsabilidad Integral de la ANIQ.<sup>3</sup> En este marco, realizar un estudio de caso en esta empresa parece brindar oportunidades únicas para poder descifrar ciertos patrones de comportamiento ambiental, cambio tecnológico e innovación.

---

<sup>2</sup> Información obtenida del sitio web: [http://www.girsa.com.mx/espanol/Perfil\\_del\\_Grupo/index.html](http://www.girsa.com.mx/espanol/Perfil_del_Grupo/index.html)

<sup>3</sup> Puede encontrarse información más detallada en: <http://www.aniq.org.mx/ri/ri.htm>. El objetivo de Responsabilidad Integral es incorporar, en la administración de los negocios de las empresas, el manejo de los aspectos ambientales, de salud y seguridad, originados por sus operaciones, mediante la implantación de un sistema de administración.

CUADRO 10. *Elementos clave de la misión de DESC*

<i>Identidad</i>	<i>Propósito</i>	<i>Estilo</i>	<i>Valores</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una empresa mexicana que invierte en sectores con alto potencial de crecimiento.</li> <li>• Tiene una visión global de negocios y liderazgo en sus mercados.</li> <li>• Utiliza y desarrolla tecnologías competitivas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agrega valor al capital invertido y proporciona a sus accionistas utilidades crecientes y atractivas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conduce sus negocios a través de empresas autónomas dentro de un marco de políticas generales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantiene un compromiso con la filosofía de calidad total y la excelencia en el servicio.</li> <li>• Motiva y brinda oportunidades de crecimiento a sus empleados.</li> <li>• Protege el medio ambiente y promueve en sus comunidades la educación y los valores fundamentales.</li> </ul>

FUENTE: elaboración propia con base en información del sitio web DESC y entrevistas al personal de Nhumo.

CUADRO 11. *Grupos de negocio de DESC*

<i>Polímeros y especialidades</i>	<i>Productos de consumo</i>	<i>Ecosistemas</i>
Incluye Resirene (poliestireno), Dynasol (hules solución), Insa (hules emulsión), Nhumo (negro de humo), Plástiglas (acrílicos), Fenoquimia (MMA) y ParaTec (hule nitrilo).	Incluye adhesivos, impermeabilizantes y aditivos para construcción.	Incluye Quimir (fosfatos) y Rexcel (aglomerados).

FUENTE: elaboración propia a partir de información del sitio web DESC y entrevistas al personal de Nhumo.

GIRSA es un grupo químico industrial controlado por mexicanos e integrado por empresas subsidiarias administradas con autonomía, lo que les confiere agilidad en la toma de decisiones y una gran capacidad de respuesta, compartiendo un marco de valores, normas y directrices que sustentan y guían el desarrollo del negocio y de su gente. Todos los negocios de GIRSA ocupan una posición de liderazgo en el mercado interno mexicano y muchos de ellos compiten exitosamente en Norteamérica, Sudamérica y otras regiones del mundo. La visión de GIRSA alinea a todas sus empresas dentro de un marco de valores, normas y directrices que sustentan y guían su desarrollo y el de su gente. Todas estas firmas se rigen por cinco competencias hacia las cuales dirigen su esfuerzo:

- Control ambiental, seguridad e higiene
- Recursos humanos
- Calidad total
- Tecnología
- Tecnología de información

A través de sus productos, el grupo está presente en mercados industriales tan diversos como los de la construcción, automoto-

triz, mueblero, llanero, del calzado, artículos escolares, enseres domésticos, pavimentación y detergentes caseros; en la elaboración de insumos para la industria avícola y pecuaria; y en la fabricación de estuches para discos compactos, empaques y envases plásticos. Algunos de sus productos llegan directamente al consumidor por conducto de canales masivos de distribución como autoservicios, tiendas especializadas, ferreterías, papelerías y otros.

Sus 20 plantas, ubicadas en regiones estratégicas de la república mexicana, dan empleo a más de 4 500 personas y reportan ventas netas de alrededor de 700 millones de dólares. Las exportaciones directas del grupo representan alrededor de 30% de sus ventas; tiene relaciones comerciales en 50 países de los cinco continentes. También cuenta desde 1979 con un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico que proporciona servicios tecnológicos y apoya a los negocios del grupo.

Fue fundado en 1936, con la razón social de Productos de Tapioca, S.A. Se dedicó a la producción de almidón a base de yuca y de dextrinas, pegamento precursor de origen natural; esta empresa surgiría como la creadora del pegamento, y cambió su nombre en 1941 a Adhesivos Resistol. Actualmente GIRSA continúa expandiéndose en áreas de oportunidad de negocios como hules polimerizados, negro de humo, fosfatos, impermeabilizantes y recubrimientos acrílicos. Busca, en cada una de sus operaciones, la mejora continua integral.

### **El grupo de polímeros y especialidades de DESC: el caso de Nhumo**

Nhumo es una industria petroquímica ubicada en la zona industrial de Altamira, en el estado de Tamaulipas. Es el único productor de negro de humo en México, material utilizado en muchos artículos de uso diario, en particular en la industria llantera (AISTAC, 2002).

La historia de la producción industrial de negro de humo en México comienza a principios de la década de los sesenta, con la

instalación de la primera planta productora de negro de humo, la cual inició sus operaciones el 16 de enero de 1963 en Salamanca, Guanajuato. Posteriormente, ya en la década de los setenta, el 16 de abril de 1977 inició la operación de la Planta Altamira Tamaulipas, siendo ésta en la actualidad la única planta de Nhumo (Nhumo, sitio web).

Con una capacidad instalada de 120 000 toneladas anuales, Nhumo cubre 95% del mercado interno, prioritario en su estrategia de negocio, ya que éste requiere una gran cantidad de negro de humo grado hulero para las industrias llantera y hulera; el excedente se exporta a Norteamérica, Centroamérica y Europa.

Desde 1991 Nhumo pertenece a GIRSA (Grupo DESC), que actualmente cuenta con 60% de las acciones. El 40% restante se encuentra en manos de Cabot International Capital Corp., empresa estadounidense líder en producción y tecnología para la fabricación de negro de humo.

Según un informe del taller de Eco-eficiencia de la AISTAC y CEDES<sup>4</sup> (2002), cuando GIRSA adquirió Nhumo, ésta era considerada una de las empresas más contaminantes de la zona industrial de Altamira; las condiciones de operación de la planta y la calidad de vida de las comunidades aledañas eran desalentadoras. A partir de esta situación la dirección de la empresa estableció un plan estratégico para hacer sus procesos eco-eficientes y seguros, y así contribuir a cuidar el ambiente. Pero como enunciaremos posteriormente, hubo una serie de factores que convergieron para motivar a Nhumo a establecer una estrategia ambiental en cuanto a sus innovaciones, como un resultado un tanto casuístico y no como un resultado formal de una estrategia explí-

---

<sup>4</sup> La AISTAC es la Asociación de Industriales del Sur de Tamaulipas, de la cual Nhumo es socio activo y líder promotor del trabajo en sus comisiones, como la de Eco-eficiencia y la de Control Ambiental, Seguridad e Higiene; mientras que el CEDES-Golfo de México es la sección del sur de Tamaulipas del Consejo Empresarial para el Desarrollo Sostenible, que trabaja de manera conjunta para lograr la transformación de una sociedad con valores y comportamiento tradicional en una sociedad congruente con los principios de sostenibilidad a largo plazo.

cita de la empresa, aunque sí motivada por líneas corporativas, y el éxito alcanzado motivó la inversión en proteger el ambiente, pues se dieron cuenta de que era rentable y modificaba favorablemente su imagen social y empresarial.

En este mismo taller de Eco-eficiencia, Nhumo declaró estar consciente de las necesidades de los clientes que integran una industria globalizada, por lo que ha realizado importantes inversiones enfocadas a mejorar significativamente sus procesos, disminuir costos e incrementar la calidad de sus productos y servicios. Como una empresa eco-eficiente (y de clase mundial), Nhumo declara tener un compromiso con el medio ambiente, al contar con un alto sentido de responsabilidad con la comunidad y asegurar un producto que supera las expectativas de sus clientes.

Prueba de ello son las certificaciones de las que ha sido objeto con las normas ISO-9002 (año de 1994), ISO-14001 (1997); así como la obtención de los premios nacionales de Calidad (1997) y al Mérito Ecológico (1999); la certificación como Industria Limpia de la Profepa (2000) e Industria Segura de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (2001), así como participar en el programa de Responsabilidad Integral de la ANIQ (1999) y la obtención de diversos reconocimientos de parte de sus accionistas: el premio Interdesc (1999); Cabot Award for Excellence (2000); proveedor confiable de Euzkadi (2000) y Excelencia en Calidad de Goodyear Oxo (1996-2000) (Nhumo, sitio web).

Nhumo es una empresa que ha sufrido una serie de cambios o “reconversiones”, como ellos los nombran, en una empresa de clase mundial. Procesos de reconversión impulsados por el antiguo director general de la planta, quien al ser una persona dinámica y con un gran sentido de responsabilidad social y ambiental motivó la introducción de los sistemas de administración por calidad (SAC), sistemas de gestión ambiental (SGA) y sistemas de propiedad intelectual (SPI), soportados en el uso de las tecnologías de información (TI).

La actual administración de la empresa está orientada a los clientes y la calidad, lo que resulta evidente en toda la documentación y organigrama de la firma. En el área de recursos huma-

nos (RH) y sistemas de calidad (SC) recae la administración de los procesos organizacionales de la empresa, lo que le ha significado a Nhumo un factor de competitividad y flexibilidad necesarias para incrementar la capacidad de absorción y reconversión enunciadas en el primer capítulo de este trabajo.

En 1999 la empresa impulsó una integración entre los sistemas de calidad y los sistemas de gestión ambiental (ISO 9002 y 14001) en una visión de desarrollo sostenible, misma que se declara como una política integral:

En Nhumo, SA de CV, producimos y comercializamos negro de humo con una visión de desarrollo sustentable, comprometidos a cumplir con los requisitos convenidos con nuestros clientes, con la legislación aplicable, con los acuerdos suscritos vigentes y a prevenir la contaminación. Mediante nuestro sistema de Gestión Integral, mejoramos en forma preventiva y continua: procesos, productos, desempeño ambiental, de salud ocupacional y de seguridad. De esta forma, consolidamos el negocio para la rentabilidad de nuestros accionistas, el beneficio de los clientes, comunidad, proveedores y nosotros mismos.

Como se mencionó, la empresa Nhumo está integrada en un *joint venture* entre GIRSA y Cabot (en inversión de capital); este último es el socio tecnológico, es decir, su principal fuente de adquisición de tecnología (incorporada). De este modo, Nhumo parece presentar una disyuntiva entre el tipo de decisiones estratégicas en tecnología, hacia tecnología Cabot o hacia tecnología propia (por ello quieren capitalizar las innovaciones y el conocimiento tecnológico).

Nhumo considera tener cinco clientes principales para atender: sus productos y servicios, accionistas, comunidad, proveedores y su personal. Se considera a sí misma como una empresa de clase mundial, con visión de desarrollo sustentable y comprometida con la calidad total, la mejora continua, el cuidado del medio ambiente y el desarrollo de su gente. En resumen, los valores de Nhumo son:

- Seguridad y cuidado del medio ambiente
- Satisfacer y dar valor superior a los clientes
- Mejoramiento continuo mediante trabajo en equipo
- Cultura de productividad y bajo costo
- Trabajar con prevención y sistemas
- Desarrollo de personal
- Calidad de vida
- Liderazgo

A partir de las entrevistas se encontró que dichos valores se traducen en el uso de una serie de herramientas y características que parecen distinguir al personal del resto de los trabajadores de la zona, en el sentido de que los integran a la práctica cotidiana, no sólo dentro de la empresa, sino en reuniones sindicales, participación en foros y congresos, etc., lo que facilita la introducción de los sistemas de calidad y gestión ambiental que le han significado a la empresa diversos premios y reconocimientos. Afirman tener un clima organizacional adecuado, además de ser una organización flexible y activa que siempre busca una mejor manera de hacer las cosas.

La calidad parece ser uno de los pilares de Nhumo, evidente en la semana anual de la calidad, que es un espacio que desarrolla cada año la empresa, junto con la comunidad académica y empresarial del país, para tratar temas estratégicos en una especie de congreso interno, y que resalta elementos como *eficiencia y efectividad organizacional* (2001), *administración del conocimiento para la competitividad* (2000), *hacia el desarrollo sustentable* (1999) y *calidad* (1998).

## Descripción del producto

### *Características generales del negro de humo*

El negro de humo es un polvo carbonáceo intensamente negro, que se obtiene por la descomposición térmica incompleta de

aceite altamente aromático. También se le llama negro de carbón o de lámpara y es virtualmente carbón elemental puro en la forma de partículas coloidales esféricas. Su apariencia física es la del carbón en forma de pelet o polvo finamente dividido (ICBA, 1999).

Los primeros negros de humo de que se tiene noticia fueron producidos por el hombre de las cavernas hace unos 15 000 años (Nhumo, sitio web), y mucho después por los antiguos chinos hace más de 3 500 años para usarse como colorante (ICBA, 1999). Fabricaron lo que ahora se conoce como negro de humo quemando materiales orgánicos purificados tales como resinas, grasas y aceites bajo conos invertidos de cerámica. El hollín depositado en la superficie de la cerámica se quitaba y se utilizaba como pigmento. Hoy en día, al negro de humo todavía se le valora por sus atributos como colorante, pero se utiliza sobre todo para reforzar y mejorar otras propiedades de los artículos de hule (Nhumo, sitio web). A partir de mediados de los setenta casi todos los negros de humo se producen mediante el proceso de horno y son conocidos como negros de humo de horno (Considine, 1974). Actualmente se encuentra entre los primeros 50 productos manufacturados de la industria química en el ámbito mundial, en toneladas anuales. La producción mundial para 1999 fue de alrededor de 6.81 millones de toneladas. Aproximadamente 90% del negro de humo se utiliza en aplicaciones huleras, 9% como pigmento, y 1% como un ingrediente esencial de cientos de aplicaciones diversas (ICBA, 1999).

En Nhumo se produce negro de humo mediante este proceso de combustión en horno de un petrolífero llamado aceite de decantado, el cual proviene de la desintegración catalítica de gasóleos. El negro de humo está constituido por más de 97% de carbono (la composición total depende del grado de negro de humo de que se trate). Es un producto *commodity*, es decir, es un artículo genérico cuyas características, usos y aplicaciones son del dominio público (Nhumo, sitio web). No es considerado residuo peligroso en la normatividad mexicana vigente (NOM-052-ECOL-1994 y NOM-053-ECOL-1994), ni por resultados

de los análisis Cretib.<sup>5</sup> En Nhumo se recicla en el proceso o bien se recicla externamente en la transformación de otro producto con la combinación de hule sintético (suelas de zapatos, topes para defensa, loderas, etc.) (MSDS Nhumo, 2001).

El arreglo cristalográfico de los átomos de carbono en el negro de humo es hexagonal; estos átomos forman estratos que son paralelos entre sí, pero sin respetar un arreglo tridimensional específico, lo cual lo distingue del grafito, del coque, del diamante y del carbón vegetal. El negro de humo es un producto utilizado en muchos artículos de uso cotidiano (Nhumo, sitio web).

Los negros de humo de horno se clasifican por lo general en dos tipos: reforzantes (también llamados “duros” o “tread”) y semi-reforzantes (“suaves” o “carcass”). Los negros de humo reforzantes, como su nombre lo indica, refuerzan grandemente al hule y le permiten tener alta resistencia al desgaste, y elasticidad. Se utilizan sobre todo en la industria llantera (Nhumo, sitio web). Este tipo de negros de humo incrementa la vida útil del piso de una llanta de 8 000 km (si no se usa negro de humo) a un potencial de más de 120 000 km. Se estima que la vida promedio esperada de una llanta se extiende por un factor de 9 a 10 veces como resultado de la adecuada aplicación del negro de humo (Considine, 1974). También se les usa en la fabricación de diversos artículos de la industria hulera, como por ejemplo: bandas procuradas y hule-pisos, bases para motor, cojines de las llantas, bandas transportadoras, defensas marinas, etc. (Nhumo, sitio web).

Los negros de humo semirreforzantes se usan principalmente en la fabricación de mangueras, bandas, cámaras para llantas, capas sellantes de llantas sin cámara, artículos extruidos, artículos moldeados, carcassas de llantas, etc. También se han utilizado como pigmentos en la obtención de tintas y bases de pinturas, artículos de plástico, concentrados de color y derivados de concreto, entre otros (Nhumo, sitio web). Gracias a la coloración

---

<sup>5</sup> Prueba fisicoquímica para determinar el carácter corrosivo, reactivo, explosivo, toxicológico, inflamable o biológico-infeccioso de cualquier elemento o compuesto químico.

profunda y permanente del negro de humo, aplicando sólo 1 o 2% de éste en plástico se minimizan, si bien no completamente, los efectos adversos de la radiación ultravioleta en los materiales (Considine, 1974).

### *Principales productos y mercados de Nhumo*

Del amplio espectro de negros de humo que se fabrican en el mundo, la Asociación de Estándares para Prueba de Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés) tiene clasificados alrededor de 80 grados diferentes de negro de humo grado hulero y de otras aplicaciones. En tanto los líderes mundiales de fabricación de negro de humo en el mundo, como pueden ser Cabot, Columbia y Degussa, tienen una gran cartera de productos dentro de esta clasificación, empresas de países en desarrollo como Nhumo de México; Alexandría, de Egipto, o Thai Carbon Black Public Co., de Tailandia, muestran un portafolio más reducido, como se observa en el cuadro 12.

Por la complejidad de la tecnología para producir todos los grados posibles de negro de humo, resulta más factible producir ciertos grados huleros por el método de horno que por otras alternativas. Así, en el cuadro 12 se observa que la mayoría de la producción se concentra en grados intermedios (N220 a N660), lo que nos indica de manera creciente el tamaño de partícula alcanzado por cada grado de negro de humo. Entonces tenemos que del amplio espectro de grados de negro de humo posibles de fabricar mostrados de manera esquemática en el cuadro 12, aquellos con tamaño de partícula intermedio son los más factibles, siendo los extremos los más difíciles de alcanzar dadas las condiciones tecnológicas requeridas.

En Nhumo se fabrican dos tipos diferentes de negro de humo, reforzantes y semirreforzantes, dentro de la gama de grados reportados para la ASTM como de aplicación en hule.

Dentro de la cartera de clientes de Nhumo están las principales empresas llanteras del mundo, tales como Firestone, Conti-

CUADRO 12. Comparación entre negros de humo  
 grado hulero producidos (clasificados ASTM)  
 por diversas firmas del mundo

ASTM	Cabot Corp.	Nhumo	Columbian Chemicals	Sid Richardson	Alexandria Co.	Thai Public Co.
N110	Y		Y	Y	Y	
N115	Y				Y	
N121			Y	Y	Y	
N134	Y			Y		
N220	Y	Y	Y	Y	Y	Y
N231	Y			Y		Y
N234	Y	Y	Y	Y	Y	Y
N293	Y					
N299	Y		Y	Y		
N326	Y	Y	Y	Y	Y	Y
N330	Y	Y	Y	Y	Y	Y
N339	Y	Y	Y	Y	Y	Y
N343				Y		
N347	Y	Y	Y	Y	Y	Y
N351	Y	Y	Y	Y	Y	
N358				Y		
N375	Y		Y		Y	Y
N472	Y					
N539	Y	Y			Y	Y
N550	Y	Y	Y	Y	Y	Y
N630			Y			
N650	Y	Y	Y	Y	Y	Y
N660	Y	Y	Y	Y	Y	Y
N683					Y	Y
N754			Y			
N762	Y	Y	Y	Y	Y	

CUADRO 12 (concluye)

ASTM	Cabot Corp.	Nhumo	Columbian Chemicals	Sid Richardson	Alexandria Co.	Thai Public Co.
N765					Y	
N772	Y	Y		Y	Y	
N774	Y		Y	Y	Y	
<i>Total</i>						
ASTM	23	13	18	20	20	13
<i>Total</i>	154*	13**	20°	20°	22	16

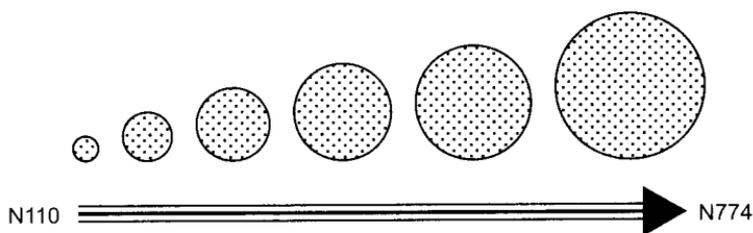
FUENTE: elaboración propia con base en datos en sitios web de las compañías y entrevistas al personal de Nhumo.

\* Se refiere al total de grados de negro de humo fabricados, que incluye el grado hulero, tintas, adhesivos y sellantes, tintas, tóners, plásticos, llantas y carbones minerales.

\*\* Total de grados de negro de humo declarados como producidos; aunque pueden fabricar otros grados huleros a pedido del cliente, siempre y cuando su tecnología lo permita.

° En la página web sólo reportan los grados huleros, aun cuando es mayor el espectro de productos de negro de humo que fabrican.

FIGURA 8. Espectro ilustrativo de grados de negro de humo según tamaño de partícula



FUENTE: elaboración propia con base en información de estudio de caso.

CUADRO 13. *Principales productos de Nhumo*

<i>Reforzantes</i>	<i>Semirreforzantes</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llantas</li> <li>• Bandas transportadoras</li> <li>• Bandas de hule-piso para renovación de llantas</li> <li>• Suelas para calzado</li> <li>• Tintas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parte lateral de las llantas</li> <li>• Mangueras</li> <li>• Bandas</li> <li>• Cámaras de automóvil</li> <li>• Impermeabilizantes</li> <li>• Selladores</li> </ul>

FUENTE: elaboración propia con base en información del sitio web Nhumo.

NOTA: los datos correspondientes a porcentaje de ventas y producción de cada producto no están disponibles por el carácter confidencial de los mismos, basados en el Sistema de Propiedad Intelectual de la Empresa y los convenios de confidencialidad firmados para tal efecto.

mental, Michelin y Goodyear, que operan en México; y nacionales como Tornel (Nhumo, página web). Cuenta con mercados de exportación dirigidos a Norteamérica, América Latina, Europa, Asia y norte de África (GIRSA, página web); con oficinas comerciales (distribuidores) en Canadá, Estados Unidos, Guatemala, Costa Rica, España, Alemania e Italia (Nhumo, página web).

En años anteriores, la principal producción de negro de humo era para reforzantes de la industria llantera, pues al ser un producto maduro y de bajo precio, las ventas por volumen son más significativas comparadas con vender especialidades, que son más caras, pero en el mercado nacional se consumen en menor medida, y por ello las ventas son mejores. En los últimos años, del total de los reforzantes fabricados por la empresa,<sup>6</sup> se tiene que hasta 99% se dirige al mercado llantero, mientras que en el caso de los semirreforzantes, 50% de la producción es para llantas, y 50% se dirige al mercado industrial, es decir, el de especialidades.

Lo anterior es un dato importante, pues la contracción del mercado llantero en México en los años 2000 y 2001 produjo un efecto negativo para el segmento de los reforzantes con el cierre de

<sup>6</sup> Obtenida con base en una estimación parcial durante las entrevistas a empleados de la empresa sobre el mercado actual de negro de humo.

varias plantas fabricantes de llantas en nuestro país. En este sentido, Nhumo se vio afectado y requirió reorientar sus esfuerzos a una nueva reconversión hacia producir equilibradamente reforzantes y semirreforzantes, con una diversificación de mercados, pues el auge de ventas en el mercado nacional había sido tal que el mercado de exportación se dejó de lado, mientras que al momento de la contracción de mercados se vieron obligados a reorientar sus esfuerzos a la exportación. Como una de las características de Nhumo y su cultura es la flexibilidad, esto les permitiría adaptarse con rapidez a las nuevas condiciones de mercado.

### Descripción del proceso

La producción de negro de humo, como se mencionó en el apartado anterior, se puede realizar a partir de la combustión parcial (pirólisis) de hidrocarburos líquidos (Kirk y Othmer, 1962; ICBA, 1999), o a partir también de hidrocarburos gaseosos, como el metano. De modo que se tienen dos procesos principales: negro de humo de horno y negro de humo térmico. Según el método utilizado, se pueden tener hasta cinco tipos principales que complementan a los anteriores: hollín de lámpara, negro de humo de choque y negro de acetileno (Considine, 1974).

El proceso de negro de humo de horno utiliza aceites altamente aromáticos como materia prima (como el caso de la empresa en estudio) pues se desintegran con más facilidad (Kirk y Othmer, 1962). Cabe mencionar que el aceite decantado es uno de los subproductos de la refinación catalítica del petróleo conocidos como “residuales”, y que son los que contienen un alto contenido de carbono y menor valor agregado. Los productos más ligeros, o “destilados”, tienen mayor valor agregado y se usan para obtener gases, gasolinas, aromáticos, turbosina, diesel, etc. Es decir, el precio obtenido de los productos residuales no sólo es mucho menor que el retorno por los productos más ligeros, sino también comparado con el precio original del petróleo crudo; esto es, mientras menor sea el contenido de carbono, más ligero

es el compuesto y con ello hay un mayor valor agregado (Kent, 1992). En la figura 9 se observa un diagrama simplificado de la obtención de aceite decantado.

De manera general, la producción de horno se hace en un reactor utilizado para realizar la pirólisis del aceite decantado en condiciones de operación cuidadosamente controladas, a temperaturas muy altas. El aceite decantado se atomiza en una corriente de gas caliente en donde es vaporizado y entonces piroliza en la fase vapor para formar partículas de carbón microscópicas. En la mayoría de los reactores de horno, la reacción es controlada por espreado de vapor o agua. El negro de humo se produce y es transportado a través del reactor, enfriado y colectado en filtros bolsa en un proceso continuo. El gas residual o "tail gas" de un reactor de horno incluye una variedad de gases como el monóxido de carbono y el hidrógeno. La mayoría de las plantas de negro de humo de este tipo utilizan una porción del gas residual para producir calor, vapor o energía eléctrica, como se puede apreciar en la figura 10 (ICBA, 1999).

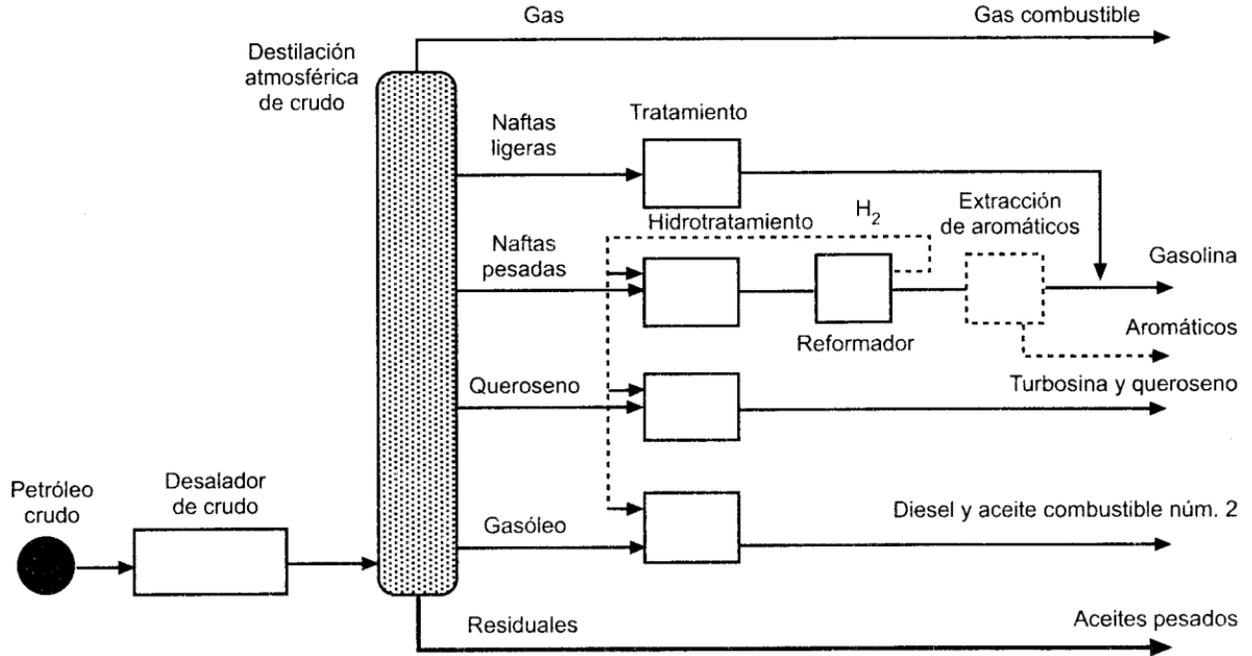
En el caso particular de Nhumo se pueden identificar tres variables principales que son determinantes para la operación de la planta:

1. Materia prima
2. Energía (su uso eco-eficiente)
3. Medio ambiente

De manera más detallada, la descripción del proceso de la figura 10 es el siguiente:

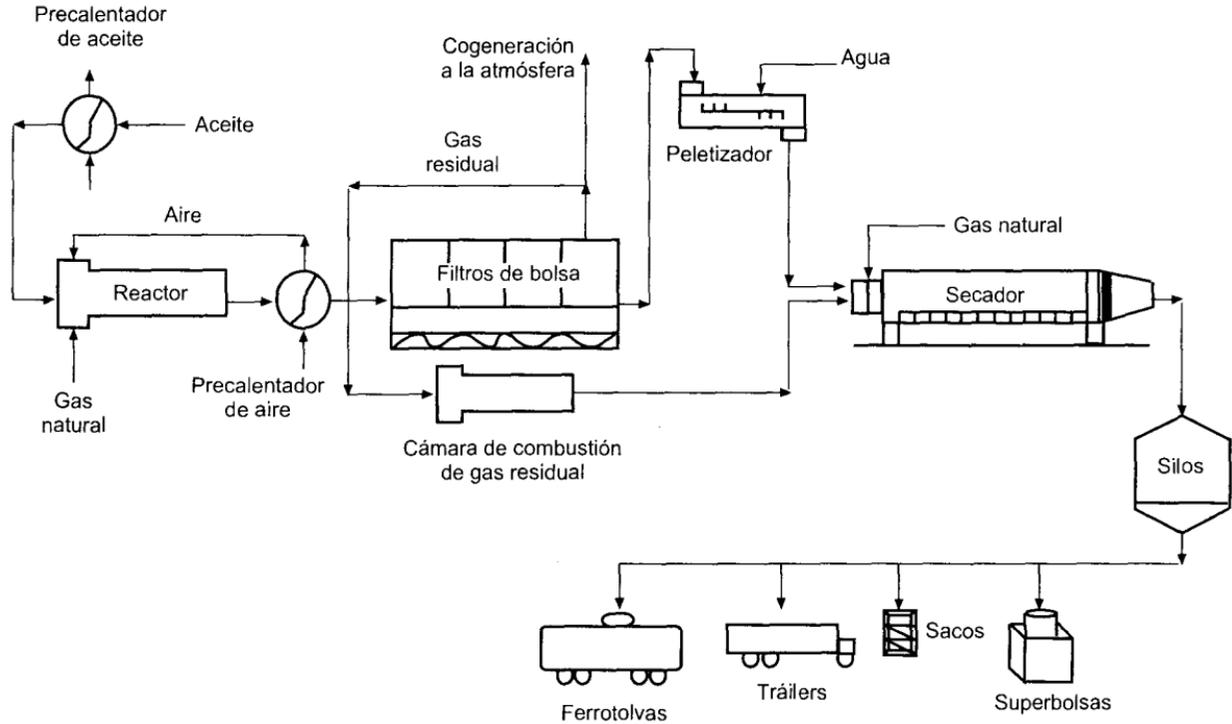
a) *Fase de reacción*: el proceso se inicia cuando el aceite proveniente de los tanques de almacenamiento alimenta al horno o reactor, junto con aire, gas natural y aditivos, a una temperatura de reacción de 1000 °C a 2200 °C, dependiendo del grado de que se trate. Como resultado de esta fase se obtiene negro de humo en forma de polvo extremadamente fino y gases residuales de la reacción.

FIGURA 9. *Proceso simplificado de refinación de petróleo*



FUENTE: J. Kent, 1992.

FIGURA 10. *Proceso de fabricación de negro de humo de horno*



FUENTE: *Carbon Black User's Guide*, ICBA, 1999.

b) *Fase de filtración*: el negro de humo proveniente de los reactores se separa de los gases residuales por medio de centenares de bolsas filtrantes de fibra de vidrio, colocadas dentro de varios compartimentos que conforman la unidad principal de filtración. Esta operación se efectúa a una temperatura máxima de 250 °C.

c) *Fase de aglutinación (peletizado)*: en esta etapa, el negro de humo libre de gases residuales se alimenta en conjunto con agua y aditivos a un equipo llamado aglutinador. El objetivo de éste es convertir el negro de humo en polvo en un negro de humo peletizado, esto es, densificado en forma de pequeños conglomerados esferoidales llamados pelets. El negro de humo peletizado se maneja más fácilmente.

d) *Fase de secado*: para eliminar el agua utilizada en el proceso de aglutinación, se seca el negro de humo en secadores rotatorios, con lo que se obtiene un producto con una humedad mínima.

e) *Fase de manejo de producto terminado (almacenamiento y envasado)*: el negro de humo peletizado y seco se envía a los silos de almacenamiento, de donde el producto será enviado a los clientes en alguna de las presentaciones acordadas: sacos, superbolsas, autotolvas o ferrotolvas.

Durante la primera etapa del proceso, justamente en el aceite decantado como materia prima se tiene un riesgo de abastecimiento a futuro, ya que todos los productos derivados del petróleo conllevan la amenaza de la disminución de las reservas mundiales, pues se trata de un recurso no renovable y finito, además de que la industria de refinación tiene aún el incentivo económico de convertir todos los residuales posibles en productos más ligeros (Kent, 1992), lo cual disminuiría potencialmente la obtención de residuales.

Además, durante el estudio de caso se encontró que problemas de especificación de materia prima afectarían de modo significativo la calidad y el rendimiento del producto, por lo que se destaca la gran capacidad que ha desarrollado el área de producción de Nhumo al adaptarse a trabajar con materia prima sumi-

nistrada por Pemex, que varía en especificaciones en cada pedido y suministro. Lo anterior respalda la tesis establecida en el apartado teórico respecto a la taxonomía de Pavitt (1984), en donde los oferentes especializados de empresas intensivas en producción y firmas químicas (aun cuando esta empresa no esté basada completamente en ciencia, dadas las características de su producto) pueden motivar cambios en la empresa, pues es su fuente de innovación. En el caso de la firma, se tiene un problema de suministro de materia prima, que es un recurso no renovable, pero esto podría solucionarse si se aprovecharan las relaciones con un proveedor que garantizara una oportuna y adecuada relación como socio tecnológico de materia prima.

•

## Estructura organizacional de la empresa

La estructura organizacional de Nhumo tiende a ser plana, con cuatro departamentos funcionales que operan las áreas *operativas de producción, comerciales, financieras y administrativas*. Por el organigrama de la empresa, las relaciones funcionales entre los departamentos se dan de manera directa, lo que facilita los flujos de información soportados por la velocidad y eficacia que supone el uso de las tecnologías de información.

Las funciones del *área operativa* están relacionadas directamente con la producción, tecnología, proyectos, mantenimiento, servicios, abastecimiento, seguridad e higiene, calidad en los procesos y las tareas operativas. En virtud de la integración de sus sistemas de gestión de calidad y ambiental, cada gerencia de la empresa tiene responsabilidades en materia de medio ambiente, a pesar de que esta área cuenta con especialistas que realizan las prácticas de control ambiental como son mediciones, capacitación, seguridad en el trabajo, etcétera.

El *área financiera* está a cargo de las cuestiones contables y fiscales, propias de un área dedicada a la administración de los recursos físicos y monetarios de la empresa, además de haber estado a cargo recientemente del área de tecnologías de informa-

ción. Por su parte, el *área comercial* se encarga de dar seguimiento a las expectativas de los clientes, ventas al mercado nacional y de exportación, expectativas de ventas y crecimientos, y la integración de los planes de ventas (de acuerdo con las necesidades de los clientes) y el área de producción.

Finalmente se tiene el *área administrativa* de recursos humanos y sistemas de calidad, que se encarga de la capacitación, selección y demás tareas propias del área, pero sobre todo de implementar (en un principio) y dar evaluación permanente a los sistemas de gestión implantados en la empresa, además de verificar la calidad a través del cumplimiento de los procedimientos generales de la empresa, así como de llevar el sistema de propiedad intelectual.

El *Grupo Directivo de Calidad* (GDC) es la figura de planeación más significativa de la empresa, pues a pesar de que en su organigrama parece ser tradicional, con un director general que tiene jerarquía sobre los departamentos, esta figura se encarga de ayudar al director en su labor de iniciar los procesos de planeación estratégica en una convención anual que establece las estrategias de negocio, seguida de una operativa en la que diversos equipos multidisciplinarios a cargo de proyectos específicos establecen cómo llevar a cabo las bases y lineamientos estratégicos de cada año. Otra función de la dirección que comparte este grupo es motivar y facilitar los flujos de información en la empresa.

Junto con las diversas áreas que integran los departamentos, se tiene la conformación de equipos de trabajo en la forma de equipos naturales —departamentales—, interdisciplinarios de mejora continua, estratégicos y de mejores prácticas. Esta dinámica de grupos de trabajo se basa en el sistema japonés de tecnología de equipos que busca explotar las competencias de sus integrantes y potenciar la creatividad. Favorece la interacción de los diferentes actores y con ello el intercambio de experiencias que se traducen en algún grado en las competencias de la empresa que, paradójicamente, no son explícitas en la compañía.

En primera instancia se podría establecer que las *competencias de Nhumo* se basan en buena medida en el *área productiva y organi-*

*zacional*: su personal, sistemas de gestión, orientación a los clientes y la calidad, y al dominio en la producción del espectro de grados de negro de humo huleros que manejan. De manera más general, las *fortalezas* encontradas en la empresa podrían representar competencias si se logra interiorizarlas e integrarlas a la memoria colectiva de la organización.

## Aprendizaje tecnológico-ambiental en Nhumo

A partir de las entrevistas y la estancia en la planta, tenemos que Nhumo es una empresa que declara contar con la variable ambiental integrada en las diferentes variables tecnológicas y organizacionales de la misma. Producto de una estrategia de los últimos años y motivada por líneas corporativas, Nhumo encontró en su proceso de búsqueda de competitividad que la ecoeficiencia brindaba la oportunidad de obtener ventajas competitivas y generar flujo para la empresa. Además de estar orientada al cliente y de la calidad total, Nhumo parece contar con una política ambiental basada en un modelo de desarrollo sostenible enunciado en el “nuevo paradigma” de la industria química, citado en el segundo capítulo de este trabajo.

Dicha cultura de desarrollo sustentable se basa en que en la mayoría de los modelos de este tipo se consideran sólo las variables económicas y ambientales, como una especie de interfase entre el viejo y el nuevo paradigma de la cultura empresarial, que motivan la adopción de prácticas y que favorecen la producción con pleno respeto al medio ambiente. Pero también la obtención de otras mejoras que repercuten en la imagen de la empresa, y algunos reconocimientos de tipo social y empresarial.

Nhumo es producto de la sinergia de una serie de factores y actores que confluyeron en un momento determinado, cuando se adquirió la planta de Altamira. En los años sesenta se estableció en Salamanca, Guanajuato, una planta dedicada a fabricar negro de humo, planta que contaba con una tecnología adquirida a Philips Petroleum y que operaba con ingenieros y capitales

mexicanos con la razón social de Industrias Negromex. Por su parte, otra trayectoria tecnológica se empezó a gestar en la fábrica Hules Mexicanos (subsidiaria de Pemex) en los años setenta con tecnología Ashtlan y un socio tecnológico canadiense.

Cabe recordar que durante esta etapa histórica en el entorno macroeconómico se tenía en México un modelo de sustitución de importaciones y de fomento y protección a la industria local, lo que supone que las empresas mexicanas recibían trato preferencial en el suministro de materias primas (proporcionadas por la paraestatal petrolera).

En el caso del negro de humo, la principal materia prima es un aceite decantado (*feedstock*), subproducto (no utilizado) de la refinación catalítica del petróleo, que era suministrado a la industria a precios nacionales (no en la base internacional). Por tanto, en un ambiente de protección a la industria y siendo los únicos productores con trato preferencial (en el caso de Humex), era sumamente rentable la producción y comercialización de negro de humo cuando en México se vendía a precios mayores que los internacionales y aun cuando la eficiencia del proceso fuera baja o se operara con márgenes de competitividad ínfimos y sin respeto al ambiente.

El personal que trabajaba en Humex se había acostumbrado a una operación ineficiente e insegura, con índices de accidentes de 50 registros incapacitantes por año, situación que se reflejaba en mermas gigantescas de producto fuera de especificación que se acumulaba en las instalaciones de la planta. Así, con un excesivo burocratismo y rigidez en la operación de la planta, se tenían diversos problemas ambientales y de seguridad del trabajo.

Por su parte, la planta de Negromex operaba de manera privada y eficiente, con expectativas de crecimiento motivadas por el mercado. De esta manera se iniciaron planes de crecimiento con el proyecto de expansión del Golfo. Precisamente durante esta etapa, a finales de los ochenta y principios de los noventa, Humex fue adquirida por un consorcio privado, Negroservía, que sólo la preparó superficialmente para venderla al Grupo DESC, que la adquirió en 1991.

En la planta de Altamira se tenía una capacidad instalada de 40 000 ton/año, que resultaban atractivas para los proyectos de expansión de Negromex, pero las instalaciones se encontraban en pésimas condiciones, con numerosas fugas en líneas de proceso, equipos deteriorados, contaminación en agua, aire y suelo, operación ineficiente de los reactores, altos costos de producción, etc. Entonces DESC tomó una decisión estratégica al buscar al mejor socio tecnológico que podían encontrar en el momento (y en la actualidad): Cabot Corporation. En 1988 Cabot era (y es) el líder productor de negro de humo en el mundo, y líder en la tecnología de producción, y aceptó participar en un *joint venture* con GIRSA, que poseería 60% de la empresa y proporcionaría la tecnología para fabricar negro de humo grado hulero (que, como veremos más adelante, se trata de una limitante del amplio espectro de grados de negro de humo posibles). Aquí confluye la tercera trayectoria tecnológica que generó una sinergia positiva para convertirse a Nhumo, la tecnología Cabot.

En este punto vale la pena recordar el trabajo de Gómez (2001), que analiza la definición de alianzas estratégicas de empresas mexicanas con socios extranjeros, principalmente de los Estados Unidos, que buscaban adquirir la tecnología de punta y obtener capacidades, conocimiento y experiencias a cambio de conocimiento de mercado y relaciones para sus socios. Como veremos más adelante, esta estrategia de alianza ha limitado en algún grado el desarrollo de capacidades, tal como lo afirma en el estudio la autora, y que al final no representó conocimiento para las firmas mexicanas.

Así, la tecnología “híbrida” de Nhumo es resultado de la confluencia de las tecnologías Philips, Ashtlan y Cabot para la fabricación de negro de humo. Actualmente la capacidad instalada de Nhumo es de 120 000 ton/año, gracias a una serie de mejoras incrementales al proceso que se agregaron año con año.

Un punto difícil de precisar hasta el momento es si la “hibridación” tecnológica potenció nuevas capacidades o creó inercias. En este sentido, el análisis de la evidencia del estudio de caso y los proyectos de mejora en la planta analizados nos permiten su-

poner que este proceso de mejora tecnológica generó ciertas capacidades en el personal de Nhumo. Al estar a cargo de la ingeniería básica, un ingeniero es capaz de realizar los cálculos y especificaciones necesarios para definir las variables de diseño, lo que genera una serie de *capacidades innovativas básicas*, de acuerdo con la matriz de capacidades definida en el capítulo 1. Pero al momento de subcontratar la ingeniería de detalle, que es la construcción física de los equipos e instalaciones, se tiene solamente la supervisión de la obra y, en cierta forma, limitada capacidad de aprendizaje. Lo anterior supone que se perdió el desarrollo de ciertas *capacidades innovativas intermedias*, que son el paso último para desarrollar *capacidades innovativas avanzadas* que se traducen en el mejor de los casos en el desarrollo de innovaciones (eco), mientras que las anteriores se quedan en el papel de cambios o mejoras del proceso. Sin embargo, para el caso de Nhumo parece que se han generado *capacidades productivas* sólidas como producto de la experiencia del personal de ingeniería que labora en ella y que le han significado una competencia.

En este proceso de reconversión que se dio a principios de los noventa en el sentido de Leonard Barton (1995) enunciado en el capítulo I, el personal contribuyó de manera significativa para lograrlo. La experiencia de operación del personal (que fue recontratado) originario de Humex, aunada a la capacidad ingenieril de la gente de Negromex, se integraron a la experiencia de los ingenieros de Cabot en la fabricación de negro de humo. El diagnóstico técnico fue seguido por una estrategia de integrar equipos en buen estado, para finalmente realizar mejoras radicales en el proceso al cambiar los reactores existentes para los reforzantes por tecnología Cabot, que permitió emprender las acciones necesarias para iniciar este proceso de mejora con la limpieza primaria de la planta, la reconstrucción de equipo e instalaciones físicas, y la modernización de todos los sistemas administrativos. Esto puede traducirse en que la empresa estaba en un momento idóneo para desarrollar su capacidad de absorción (del apartado de definiciones básicas), que le permitió en algún grado “desaprender” la manera ineficiente de trabajar para “aprender”

de un modelo sustentable y competitivo, pero de alguna manera condicionó la trayectoria o paradigma tecnológico del negro de humo exclusivamente a la combinación de tecnología Cabot con algunas trazas de tecnología que aún consideraban adecuada.

Cabot, al intervenir con su experiencia para mejorar la planta y aportar algunos actores clave en esta dinámica, generó mejoras en el proceso que se basaron en la forma en que está dispuesta su tecnología en diversas plantas en el mundo. El acondicionamiento de las unidades productivas fue la siguiente tarea, pero se encontró que una buena parte de la tecnología Ashtlan seguía siendo eficiente si se le daba el mantenimiento adecuado. Y en esta búsqueda de competitividad, el incremento de la capacidad instalada se vio motivada principalmente por una cuestión de costos, que por principio de cuentas es la principal razón para las innovaciones en general.

Entonces Nhumo, atada a un socio tecnológico que suponía le ayudaría a generar capacidades tecnológicas, se vio inmersa en una inercia determinada por la trayectoria tecnológica hacia las mejoras de proceso, tal como se infirió del apartado teórico relacionado con las alianzas tecnológicas estratégicas, y se preguntaba por qué al final las empresas que las concertaban no desarrollaban experiencia, conocimiento y capacidades. En este caso se generó un primer efecto de *lock out* dictado por la atadura tecnológica, y sin duda ha desarrollado capacidades, pero corren el riesgo de ser olvidadas por la limitada facilidad de utilizarlas.

Esta etapa de reconstrucción de la planta de Altamira dejó en el personal un gran sentido de unión y pertenencia a la organización, y hoy en día es uno de sus pilares. La cultura organizacional de Nhumo está integrada en su personal, y según información recabada en las entrevistas, el personal “disfrutó de un ambiente de libertad, flexibilidad y creatividad en todas las áreas de la empresa”, “aunado a que más del 40% de las instalaciones de la planta son áreas verdes, se respira un aire de plena integración con el medio ambiente”, lo que expresa un clima organizacional adecuado que favorece la creatividad y el desarrollo de ideas para mejorar continuamente.

Encontramos que las mejoras incrementales fueron motivadas primero por el aspecto económico, y como consecuencia repercutieron en un mejor desempeño ambiental que le significa hoy en día a Nhumo una ventaja competitiva única que lo posiciona como un ejemplo mundial de desarrollo sustentable dentro del ámbito empresarial. Aunque no parece ser resultado de un proceso de búsqueda basado en una estrategia clara en materia ambiental mediante la consecución de proyectos eco-innovadores y por ende eco-eficientes, sí debe reconocerse la influencia de GIRSA en la materia, pues es un grupo con un alto sentido de responsabilidad social y ambiental; así como la capacidad misma del negocio y sus directivos, al hacer de la variable ambiental una competencia para la empresa, que se traduce en un signo de competitividad.

### *Eco-innovación y eco-eficiencia en Nhumo*

La trayectoria tecnológica de Nhumo es particularmente interesante en materia ambiental, pues ha realizado diversos proyectos no sistemáticos, más bien producto de un proceso de búsqueda de oportunidades motivado por su esquema de mejora continua, que tiene como meta la reducción de costos, el incremento de la competitividad y la eco-eficiencia.

Nhumo manifiesta en su política integral una visión de desarrollo sustentable, y su compromiso para prevenir la contaminación y mejorar su desempeño ambiental para beneficio de la comunidad. La empresa trabaja con base en su sistema integral de gestión, el cual incluye un sistema de gestión ambiental basado en la norma ISO14001 y en su programa SOL (seguridad, orden y limpieza).

La política ambiental de Nhumo manifiesta su compromiso de prevenir la contaminación y cumplir con la normatividad vigente, además de mejorar continuamente sus procesos e implantar y mantener sistemas de gestión ambiental que les permitan verificar sus insumos y productos en un enfoque de ciclo de vida,

CUADRO 14. *Variables de eco-eficiencia declaradas por Nhumo*

<i>Variables de la empresa</i>	<i>Evidencia de prácticas eco-eficientes</i>
Reciclaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plástico</li> <li>• Desechos orgánicos</li> <li>• Metales</li> <li>• Madera</li> <li>• Vidrio</li> <li>• Material de empaque</li> </ul>
Reutilización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua</li> <li>• Gas residual</li> </ul>

FUENTE: elaboración propia con base en información del sitio web Nhumo.

respetando al entorno y a ellos mismos. Este sistema ambiental es visto en Nhumo como una condición para mantener el liderazgo.

La cultura de respeto al ambiente parece estar presente de manera cotidiana en la planta, en elementos tan sencillos como el uso de papel reciclado y tintas biodegradables en impresión de formas y tarjetas, en la instalación de estaciones de recolección de papel para reciclaje (ecofibras) y en separación de desechos.

Sin embargo, como se mostró en el apartado relacionado con el desempeño ambiental, tener un alto desempeño no se traduce necesariamente en aprendizaje ni en generación de eco-innovaciones. En el caso de Nhumo, al parecer se ha desarrollado cierto grado de aprendizaje ambiental, pues acorde con el modelo planteado en la figura 7, la empresa tiene presentes en diversos grados todas las actividades o procesos que favorecen el aprendizaje.

En especial destaca su programa de educación continua, que es un excelente medio para lograr el cambio de valores, y las etapas de *adaptación y operación* establecidas por November (1995) en el apartado correspondiente a la comunicación como factor de aprendizaje ambiental. Además, participar activamente en proyectos de mejora continua favorece que algunos de ellos impacten el medio ambiente, lo cual se analizará en el siguiente apartado, pero han sido limitados por la poca utilización de las capacidades

innovadoras que desarrolló durante su etapa de reconversión, y podrían ser olvidadas. En fin, otro elemento muy importante es el *principio director ambiental* de la empresa, traducido en su política de medio ambiente, que fue mencionada con anterioridad y que le permite establecer una estrategia de buscar otros fines para todos sus desechos, lo cual plantea una paradoja: “*nuevos fines para desechos, cero nuevos fines para producto*”.

## La introducción de la variable ambiental

Uno de los principales puntos de la presente investigación es entender cómo la variable ambiental ha sido (o puede ser) introducida a las diferentes variables tecnológicas de la empresa y cómo se da esta interrelación. Con este propósito, en los párrafos siguientes abordaremos cómo realizar dicha integración y, en su caso, qué beneficios tiene para la empresa.

El área de medio ambiente está presente en la actualidad de manera específica con el departamento de EHS, dividido en tres especialistas, uno en ecología, otro en salud y otro en seguridad. De este modo, se desarrollan proyectos (dentro del mismo esquema de grupos multidisciplinarios) de tecnologías ambientales de ciclo cerrado. Caso evidente es el proyecto *Lirio*, que busca plantar lirio acuático en los efluentes de descarga de aguas para atrapar el posible remanente de aceite que pudiera encontrarse en dichas aguas, dadas las características de absorción de aceites; acto seguido se procedería a triturar y secar el lirio para su uso alternativo.

El aspecto de seguridad en el trabajo es determinante para las tareas cotidianas y operativas, y se han instalado algunos mecanismos para favorecer la cultura de la seguridad, por ejemplo:

- Pláticas semanales de EHS por departamento (o gerencia): se cuenta con un cuaderno semanal de pláticas de seguridad de 5 minutos, que debe presentar (a manera de lectura) un integrante del departamento al resto. Elaboran una

minuta y generan recomendaciones sobre el uso eco-eficiente de recursos (por ejemplo, fugas o desperdicios de negro de humo, agua, energía eléctrica, etcétera.)

- Se observaban los comportamientos para buscar reducir accidentes; esto tiene por objeto que el personal identifique en otros, y aprenda por observación, prácticas seguras e inseguras y que documente las acciones que no siguen los lineamientos establecidos.

Resulta particularmente interesante que cada departamento de la empresa defina sus metas ambientales, lo que refuerza la tesis de Dasgupta (1997) y su trabajo sobre desempeño ambiental, que muestra que es más efectivo para la protección del ambiente en la empresa que cada gerente administre el cumplimiento de la variable control ambiental en su departamento, y así los especialistas ambientales pueden generar otro tipo de proyectos, como ocurre en la empresa en estudio, donde el departamento EHS motivó diversos proyectos ambientales.

Por lo tanto, este tipo de prácticas tan sencillas motivan la interacción de todos los componentes del proceso de aprendizaje ambiental mostrados en la figura 13, al final de este capítulo, y que suponen que la variable ambiental está integrada en las variables organizacionales, productivas y tecnológicas.

### Proyectos eco-eficientes en Nhumo

Como parte de su enfoque de eco-eficiencia, Nhumo reutiliza el gas residual para eliminar el uso de combustibles fósiles. Adicionalmente, ha elevado la proporción de áreas verdes *vs.* área total de planta desde 0% hasta 49% mediante la optimización de espacios y la mejora de los procesos productivos. Los principales objetivos y motivantes identificables a partir de las entrevistas y el análisis de la información para realizar mejoras a los procesos son los siguientes:

- Flujo de capital
- Competitividad del negocio
- Uso eco-eficiente de recursos

Una práctica eco-eficiente, producto de la búsqueda de oportunidades y sinergias de subproductos con las empresas de la zona, es recibir pipas de aceite residual de las fábricas aledañas para mezclarlo con su materia prima, homogeneizarlo e integrarlo a su proceso, lo que contribuye al abastecimiento de materia prima sin costos adicionales, excepto el transporte, además de la notable recuperación de áreas verdes en zonas en donde se depositaban los desperdicios, y del ecosistema de la laguna aledaña.

A continuación se describen los principales proyectos eco-eficientes de la empresa:

#### Cero descarga de agua residual y uso de superbolsas para filtrado de lodos

El agua utilizada para el proceso era recibida y tratada previamente por filtros y ósmosis inversa (OI). Para este último tratamiento se requiere usar agua fresca para retrolavado, misma que posteriormente se convierte en agua residual (70 000 gal/día). Además se tenía el agua de rechazo de OI (200 GPM), que era convertida en agua residual. Aunado a lo anterior, se tenía agua residual por concepto de servicios generales (incluido el servicio sanitario) que era enviada en su conjunto al mar como corriente de desecho. Se corrigieron fugas y derrames, haciendo eficiente el uso de agua y el inicio de reciclajes:

1. Reuso de agua en los mismos procesos, en el caso del retrolavado de filtros previos a la OI.
2. Reuso de agua de rechazo continuo de OI para riego de áreas verdes.
3. Reuso de agua de proceso y sanitaria en el proceso de fabricación.

4. Recuperación de lodos mediante la filtración con superbolsas (material de embalaje), eliminando así la fosa de deshidratación de lodos y concretando sinergia para reciclaje de lodos transformados en material para suela de zapatos.

Entre los principales beneficios, se tuvieron ahorros por 320 000 dólares, mientras que el agua residual que se tiraba al mar (1 630 m<sup>3</sup>/día) ahora se usa en áreas verdes y en el proceso de fabricación. El agua que se deja de consumir favorece la preservación del ecosistema de la Laguna de la Puerta adyacente a la planta. Con el uso de material de embalaje se tiene una innovación para los sistemas de filtrado y se minimiza la disposición de éstos.

#### Eliminación de producto fugitivo por material de empaque

Por fallas en el proceso y material de empaque, hasta el año 2000 se manejaba un alto porcentaje de producto fugado que daba a la planta un aspecto de suciedad; por cada tonelada almacenada en los sacos de termofusión se recolectaban entre 7 000 y 14 000 kg/año. De manera cualitativa se podía observar que la entrada a la planta era con traje tipo “A” de seguridad, es decir, totalmente hermético con aire autónomo (tipo “astronauta”), y aun así, al salir, la piel quedaba impregnada con el negro de humo, que se eliminaba después con jabones especiales.

Se buscó realizar cambios en el diseño de la bolsa de polietileno (que incluso puede utilizarse junto con el negro de humo por los clientes, es decir, se adiciona el saco como tal en los procesos) así como en el sistema de sellado y en la máquina ensacadora, de tal modo que no fugue el sistema de empaque, lo que condujo a una notable mejora en el proceso al minimizar significativamente las emisiones de polvos, con lo que obtuvieron beneficios económicos de 15 000 USD. Además se mejoró la imagen del empaque ante los clientes, al evitar fugas de material, tanto en bodegas propias como en las de los clientes. Esto trajo mejoras en las instalaciones propias y en las condiciones de trabajo.

## Recuperación de gas residual para generación de vapor

Hasta 1993, todo el gas residual del proceso se liberaba a la atmósfera a través de chimeneas; se consumía también una gran cantidad de gas natural que se utilizaba para la etapa de secado. Por tanto, se tenían emisiones de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera y se desaprovechaba el poder calorífico remanente del gas residual.

La primera etapa consistió en reusar el gas residual como energético en la etapa de secado; al sustituir el consumo de gas natural en la operación, durante 1995, quedó pendiente el gas residual que tenía que ser quemado en las chimeneas de campo. Se planteó entonces el uso de la corriente remanente, que era aproximadamente 60% del total de gases residuales, por lo que se dejó de quemar gas natural para generar vapor. Se instaló una caldera que tuviera como combustible dicho gas, y se buscó la relación proveedor-usuario para el consumo de vapor con plantas vecinas, como el caso de INSA y Crompton. Como Nhumo consume poco vapor, el resto lo vende a dichas compañías, que hacia 1999 dejaron de utilizar calderas para producirlo.

Se redujo el consumo de gas natural en 36 millones de  $\text{m}^3$ ; asimismo, se consiguió la reducción de emisiones de  $\text{CO}_2$  de 48 000 ton. La generación de vapor para comercialización y autoconsumo permitió generar un flujo de efectivo adicional para el negocio estimado en 2 puntos porcentuales adicionales a sus utilidades de operación. Además, se evita el consumo de gas natural por el equivalente utilizado de gas residual, minimizando el impacto al ambiente y la generación de valor para el negocio.

Dentro de la industria química, desde 1993 se tenía conocimiento en la literatura especializada de que la cogeneración era viable para eficientar los procesos de la industria petroquímica en general al utilizar los residuos indeseables para producir vapor y electricidad (Farina y Fontana, 1993). En México la generación de electricidad es exclusivamente obligación del Estado, lo que pudo haber frenado a la empresa a continuar con la trayectoria tecnológica de la cogeneración para realizar el proyecto sólo hasta la etapa de generación de vapor.

A partir de 1995 la cero descarga de efluentes se consideraba una alternativa para conseguir un ciclo cerrado en un proceso petroquímico, al reducir la demanda de agua para proceso, disponerla como un sólido mediante evaporación y eliminar de los procesos las tecnologías de fin de tubo que sólo remediaban en parte la contaminación del agua, mientras que la cero descarga la evitaba (Byers, 1995).

Lo anterior podría mermar el ánimo optimista, si pensamos que los proyectos anteriores proponían innovaciones radicales a los procesos o incluso eco-innovaciones. Lo cierto es que los proyectos eco-eficientes desarrollados por la empresa le ayudaron a construir gradualmente una serie de capacidades que se iniciaron más bien impulsadas por alcanzar el estado del arte de plantas de negro de humo similares en capacidad instalada, tipo de proceso de horno y tecnología de su socio, que le fue permitiendo incorporar este enfoque al darse cuenta de que efectivamente representaba generación de valor, y que le ayudaba a reducir costos e incrementar la eficiencia y la competitividad. En el siguiente apartado analizaremos algunos beneficios intangibles de la eco-eficiencia que la empresa pudo haber encontrado.

### Beneficios de la eco-eficiencia

Como vimos en el apartado teórico de la eco-innovación, el concepto de eco-eficiencia va íntimamente ligado a éste. Por ello, podríamos pensar que los proyectos realizados por la empresa fueron innovaciones, pero en el sentido planteado para este concepto faltarían las condiciones de *novedad e implementación*, tratándose entonces de adaptaciones incrementales basadas en conocimiento previo y presente en el exterior, por la industria y su socio tecnológico. Entonces los principales beneficios parecen estar más bien en los ahorros económicos sustanciales y el incremento, en la eficiencia productiva, puesto que los índices de productividad se incrementaron gradualmente, como producto de los cambios en el proceso.

En el cuadro 15 se muestran una serie de beneficios que se obtuvieron para la empresa. Vale la pena resaltar que con lo anteriormente expuesto no se trata de minimizar los esfuerzos realizados por Nhumo o decir que no son aportaciones significativas a su trayectoria tecnológica. Más bien se trata de una exigencia a una empresa definida como de clase mundial, de utilizar las capacidades y el aprendizaje ambiental desarrollados y que deriven en eco-innovaciones de producto, proceso y servicios que generen valor para su grupo, y que sirva como modelo empresarial, no sólo porque tiene un alto desempeño ambiental, sino también porque puede innovar.

### *La construcción de capacidades tecnológicas y la administración del conocimiento en Nhumo*

El propósito del siguiente apartado es establecer un panorama sobre cómo Nhumo ha realizado diversos esfuerzos por usar sus capacidades productivas y tecnológicas, así como sus diversas herramientas organizacionales, en un intento por orientar su conocimiento en la tecnología para fabricar negro de humo grado hulero, administrar su *know how* y “asimilar” la tecnología del tecnólogo, y que esto se pueda convertir en un factor de competitividad y de generación de flujo (capital), como uno de los principales objetivos.

Los directivos de Nhumo han encontrado que la administración del conocimiento es un factor importante para la vida productiva de la empresa, en el presente y en un futuro cercano. En este sentido, las políticas corporativas han motivado la aparición de diversas herramientas administrativas y de gestión que han favorecido los procesos de explicitación del conocimiento, uso de la información y aprendizaje tecnológico en la fabricación de su producto. Pero, como se verá más adelante, es posible que las capacidades tecnológicas desarrolladas se vean limitadas por factores que inhiben su uso y que quizás no le permitan reconvertirse completamente hacia el nuevo paradigma tecnológico.

CUADRO 15. *Tipos de mejoras, habilidades requeridas e impacto en Nhumo para la eco-innovación*

<i>Tipo de mejoras</i>	<i>Habilidades para la innovación</i>	<i>Impacto en Nhumo</i>
Adaptaciones incrementales basadas en conocimiento previo, producto de sinergia de actores clave en proceso con oportunidades tecnológicas y búsqueda de reducción de costo	Generación de ideas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Novoideas</li> </ul>	Económicos (ahorros sustanciales)
Innovaciones organizacionales efectivas en su uso y aplicación	Capacidad emprendedora: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos de trabajo</li> <li>• Flexibilidad organizacional</li> <li>• Clima organizacional</li> <li>• Medio innovador</li> </ul>	Incremento de la eficiencia productiva Desarrollo de capacidades productivas Desarrollo de algunas capacidades tecnológicas
Mejoras incrementales conocidas en el mundo, pero nuevas para el país y la empresa	Liderazgo <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compromiso de la alta dirección</li> <li>• Gerencias</li> <li>• Líderes de equipos</li> </ul>	Desarrollo de una base mínima de capacidad de absorción de tecnología Posicionamiento como una empresa social y ambientalmente responsable
Adaptaciones y simplificaciones de equipo de proceso	Fuentes de información <ul style="list-style-type: none"> <li>• Archivo tecnológico</li> <li>• Benchmarking</li> <li>• Mapeo de procesos</li> <li>• Capacitación institucional (diplomado)</li> </ul>	Mejoras sustanciales en la calidad de vida de trabajadores y entorno Mejora su imagen ante sociedad, gobierno, clientes y mercados
	Dirección y seguimiento <ul style="list-style-type: none"> <li>• SAC</li> <li>• Sistemas de gestión</li> </ul>	

FUENTE: elaboración propia con base en estudio de caso.

## Uso de la información tecnológica en Nhumo

Físicamente, Nhumo cuenta con acervos electrónicos y documentales para la administración del conocimiento:

- *Archivo de información tecnológica.*
- *Sistema de administración tecnológica en línea* (con número reducido de usuarios).
- *Intranet*, en la cual se encuentran disponibles para todo el personal de Nhumo las distintas bases de datos, de consulta y manuales que la empresa ha generado.
- *Bases de datos en ambiente PC*, con información tecnológica y organizacional.
- *Buzón electrónico de nuevas ideas* que muestra el avance de cada una de las propuestas, así como su viabilidad.

Las herramientas para el análisis de la información de Nhumo se refieren principalmente a mecanismos probados en el ámbito de la planeación estratégica y los sistemas de administración. Así, con base en el estudio de caso de Nhumo, se detectaron algunos problemas de información y conocimiento, pues la asimilación de tecnología en Nhumo no es un problema de información tecnológica, ya que la información está disponible, sino que el conocimiento está en el nivel individual de la empresa (en algunos actores clave) y no ha logrado hacerlo de manera grupal o en el nivel de firma (cuadro 16).

A pesar de que la empresa cuenta con un sólido soporte en las tecnologías de información (TI) para favorecer su aprendizaje tecnológico-ambiental, existe el problema del uso de dichas TI, pues aunque todos los empleados de Nhumo tienen acceso a la información (excepto por el archivo tecnológico en línea y las bases de datos propiedad del tecnólogo), el problema es superar la interfase tecnología-usuario, tan común en el mundo de la computación.

En este sentido, se ejemplifica una paradoja en el uso de la información: a pesar de que está disponible, no ha provocado generación de conocimiento. Es decir, en el plano organizacional

CUADRO 16. *Herramientas existentes en la empresa para analizar la información*

<i>Herramienta tipo</i>	<i>Ejemplos</i>
Herramientas comparativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de Pareto</li> <li>• Diagramas de causa-efecto</li> <li>• Metodologías de análisis de problemas y toma de decisiones</li> <li>• Tormentas de ideas</li> </ul>
Herramientas de proceso/ administrativas/ organizacionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control distribuido</li> <li>• Control estadístico de proceso</li> <li>• Diagramas de afinidad</li> <li>• Procesos referenciales de <i>benchmarking</i> y reingeniería</li> <li>• Análisis de riesgo, variables, comparativos, tendencias, costo-beneficio, correlación</li> <li>• 5W 1H</li> </ul>
Herramientas prospectivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Hazop, what if</i></li> <li>• Ruta de la calidad</li> </ul>

FUENTE: elaboración propia con base en entrevistas e información obtenida del estudio de caso.

(la empresa en su conjunto) no se tiene aprendizaje tecnológico, en el sentido de que la empresa no ha sido capaz de crear cosas nuevas a partir de lo existente, sino más bien se sitúa en el plano adaptativo y de mejora continua de su base tecnológica previa, confundiendo el aprendizaje tecnológico con el uso eficiente de las tecnologías de la información.

## Cambios organizacionales

En el plano organizacional, la empresa muestra sólidas fortalezas en los mecanismos de análisis de la información, pues las herramientas utilizadas mostradas en el cuadro 16 han resultado en apoyos importantes al reforzar la educación continua, capacitación, uso de las tecnologías de información, procesos referenciales, satisfacción de los clientes, etc. Sin embargo, la evidencia encontrada no demuestra que estas capacidades organizacionales se hayan traducido en fortalezas en el plano de la construcción de capacidades y aprendizaje tecnológico producto de la interacción de ellas.

## Administración del conocimiento

El encargado de llevar a cabo la administración del conocimiento es el departamento de Tecnología Aplicada, que está a cargo de la implementación de nuevos proyectos de desarrollo tecnológico, mejoras (incrementales o radicales), así como de la administración de la tecnología con un enfoque de cuidado del ambiente. En resumen, las funciones de este departamento son:

- Mejoras en productos, procesos y servicios (PPS)
- Proyectos de nuevas tecnologías
  - Usos, diversificación de productos
  - Aplicaciones
  - Nuevos productos, procesos y servicios (PPS)

Algunos esfuerzos que ha realizado Nhumo para favorecer la *administración del conocimiento*, se relacionan con proyectos como:

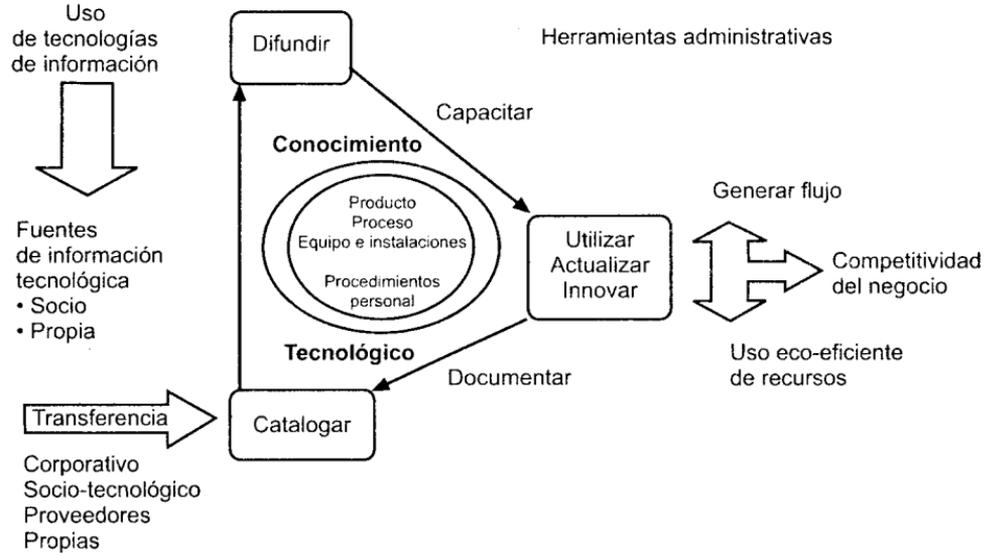
- La explicitación del conocimiento: tácito a codificado mediante la elaboración de manuales y procedimientos.
- Certificación del perfil tecnológico por puesto: es un esfuerzo por definir para cada puesto un perfil de competencias.

- Aprovechamiento de tecnología de proveedores: intenta crear sinergias con sus proveedores (de equipo principalmente) para realizar innovaciones incrementales en proceso.
- Sistema para validar ideas: es producto de la evolución de un buzón de sugerencias hasta tener ahora una base de datos electrónica para recibir ideas de los trabajadores (no importa su puesto). Proyectos de mejora ubicadas en diversas categorías y alineadas con los objetivos estratégicos de la empresa, y con un tiempo de respuesta determinado que también puede consultarse en línea (validación y reconocimiento).
- Creación de un sistema de archivo tecnológico en línea: busca aprovechar las tecnologías de la información para poner al alcance de actores clave toda la información tecnológica disponible en Nhumo.

El modelo de administración del conocimiento de Nhumo tiene los elementos que se muestran en la figura 11.

Surge una gran interrogante al tratar de entender por qué, si la empresa cuenta con sólidos avances en el tema de administrar su conocimiento, e incluso ha desarrollado algunos modelos que buscan explicar cómo se lleva a cabo la interacción del conocimiento tecnológico, no lo ha logrado. Si analizamos la figura anterior, encontramos que en efecto se tiene la noción de una interacción de datos-información-conocimiento; pero sólo considera dos fuentes de información mediante el uso de tecnologías de información: la información tecnológica del socio y los mecanismos de transferencia de parte del corporativo y los proveedores. La noción previa no es del todo equivocada, pero como se vio en el capítulo conceptual, la necesidad urgente de generar conocimiento propio y a su vez capitalizarlo en proyectos innovadores es una condición necesaria para poder responder a demandas actuales y anticipar futuras. Esto tendría que darse en el marco de una estrategia tecnológica primero e innovadora si se decide aprovechar los patrones deseados para desarrollar innova-

FIGURA 11. *Modelo de administración del conocimiento de Nhumo*



FUENTE: documentos Nhumo.

ciones incrementales —mencionados en el apartado correspondiente— y la integración de los diferentes departamentos, en una estrategia clara que incluya la visión de negocios y la administración del conocimiento.

De igual modo, la noción de coexistencia entre el conocimiento tácito y el explícito, como una forma de que los actores modifiquen el comportamiento de la empresa y puedan en efecto generar innovaciones, se ve parcialmente limitada por la definición de un modelo de administración del conocimiento que supone un proceso lineal que cataloga la información, la difunde, y al utilizarla generará innovaciones. Si se tiene una visión de este tipo se corre el riesgo de continuar con la rigidez que supone que porque la información está disponible se generará nuevo conocimiento. Al parecer, los sistemas de gestión favorecieron su codificación, pero ésta pudo en algún momento ser excesiva, al grado de dejar en la memoria colectiva sólo el conocimiento codificado que valía la pena ser administrado.

Existen elementos que faltaría incluir en un modelo de este tipo, pues en efecto las herramientas son importantes para soportar el conocimiento, pero son los individuos quienes aprenden, y como producto de las interacciones de ellos y las reglas organizacionales, se generan condiciones para interiorizar nuevamente el conocimiento —y no sólo documentarlo otra vez como muestra el modelo—. De hecho, al parecer la noción de mercado y factores externos (discontinuidades y oportunidades tecnológicas) ha sido dejada de lado, y la capacidad de reconversión que se tuvo al crear Nhumo podría perderse en poco tiempo ante la falta de utilización de las capacidades ya desarrolladas, y quizás debido a que en el momento de haber necesitado invertir en aumentar su capacidad de absorción la empresa siguió manteniendo una actitud receptora, pues el modelo elaborado tiene características de receptor de información tecnológica que espera capitalizarse.

## Construcción de capacidades en Nhumo

El tema de la construcción de capacidades tecnológicas y productivas está íntimamente relacionado con la noción de eficiencia productiva. Nhumo, por ejemplo, no tiene registrado el cambio en eficiencia cuando se tienen paros en la planta debido a problemas de operación, mantenimiento o falta de suministro de materia prima. Con el ejemplo anterior se muestra la medida en que la empresa genera prácticas exitosas que se traducen en mejora de la competitividad o en simplificación de procedimientos; pero también deja de aprovechar oportunidades de aprendizaje tecnológico-ambiental producto de sus propias estrategias. La casuística ha imperado sobre la búsqueda de oportunidades de aprendizaje, siendo una de las principales características de las empresas reactivas, que responden a estímulos y generan una gran capacidad de reacción y adaptación a nuevas circunstancias.

Según la empresa, basa los procesos de aprendizaje y generación de conocimiento en la noción de la espiral del conocimiento de Nonaka y Takeuchi (1995) en el plano individual y en ocasiones grupal; como un proceso de socialización, exteriorización, combinación e interiorización que les permite desarrollar, en los trabajos y proyectos de los equipos de trabajo, los procesos de evaluación (auditorías), de planeación estratégica, etc., para que en cada proceso comprendido en su sistema de administración del conocimiento se pueden incorporar los mecanismos explícitos que permitan aprovechar los conocimientos generados durante la operación y su mejoramiento.

La evidencia que se encontró en el estudio de caso muestra que la noción anterior es parcialmente cierta para el caso de la empresa, pues los mecanismos de administración del conocimiento en la empresa son favorecidos por el establecimiento de los sistemas de administración por calidad y los sistemas de gestión (ISO) y que motivan la codificación del conocimiento (Villavicencio y Salinas, 2002).

Esta "explicitación" *per se*, como se mencionó con anterioridad, no genera nuevo conocimiento. Evidencia en otros sectores de la

industria mexicana (automotriz) que la mejor práctica para la administración del conocimiento es la coexistencia del conocimiento tácito y explícito, se da justamente en este mecanismo de espiral de conocimiento que se permiten de nueva cuenta los procesos de interiorización, que hacen del conocimiento explícito (codificado) la fuente para reiniciar el proceso.

La capacidad de absorción tiene como mecanismo principal de adquisición la investigación y el desarrollo para generar capacidades tecnológicas. En este sentido, Cohen y Levinthal (1990) establecen un marco de referencia cercano para este proceso de construcción, pues establecen que si se parte de una base existente, los mecanismos de absorción se favorecen más rápidamente. Así, los elementos con que cuenta Nhumo para favorecer su capacidad de absorción y construcción de capacidades tecnológicas están expresados en el cuadro 17, pero sólo dependerá de la empresa el combinarlos en forma adecuada para que de los procesos de interacción y la acumulación de experiencias y conocimiento se parta y se vislumbren nuevas oportunidades tecnológicas.

En cuanto a la construcción de capacidades tecnológicas, la empresa en estudio no realiza I+D por la definición de su estrategia tecnológica, pero sí tiene dos prácticas que le permitirían establecer esta base de conocimiento: los procesos comparativos de producto realizados en el laboratorio de calidad y los procesos para producir nuevos grados de producto o mejorar los ya existentes.

La empresa cuenta con un laboratorio de pruebas certificado por la normatividad mexicana<sup>7</sup> y que domina la técnica para la caracterización fisicoquímica<sup>8</sup> del amplio espectro de grados de negro de humo que fabrica, se han creado las capacidades de carac-

---

<sup>7</sup> NMX-EC-025-IMNC-2000.

<sup>8</sup> Que incluye todas las pruebas de calidad y caracterización de los materiales, insumos y productos, que le permiten un dominio sobre el estado del arte del producto en cuestión. Este tipo de pruebas están estandarizadas por normas nacionales e internacionales, de modo que pueden comprobarse y replicarse en cualquier laboratorio con características similares.

CUADRO 17. *Elementos presentes en Nhumo asociados con la construcción de capacidades tecnológicas*

<i>Eficiencia productiva</i>	<i>Mejora continua</i>	<i>Sistemas de gestión (SAC-SGA)</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proveedor de calidad</li> <li>• Sistema de competencias</li> <li>• Administración del conocimiento</li> <li>• Optimización de sistemas y procesos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benchmarking</li> <li>• Proveedor usuario (interno)</li> <li>• Sugerencias</li> <li>• Mapeo de procesos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de gestión integral</li> <li>• Administración de seguridad en los procesos</li> <li>• Sistema de propiedad intelectual</li> </ul>

FUENTE: elaboración propia con base en entrevistas e información de estudio de caso.

terización necesarias para realizar procesos referenciales como reingeniería que le permitan tener bien clasificados los productos de la competencia y realizar prácticas de monitoreo tecnológico frecuentes, que le permitan incrementar más aún sus capacidades adaptativas, y que son en algún grado la antesala para generar nuevos productos.

A pesar de que sus procedimientos cuentan con la noción de desarrollo tecnológico e incluyen el carácter de novedad, ésta se encuentra limitada al nivel de la empresa y sólo se han aplicado al área de procesos. Nhumo no tiene actividades de diseño y desarrollo de productos dentro de su sistema de gestión, pues la tecnología y los estándares de operación son suministrados por su socio tecnológico, haciendo ajustes o modificaciones a las condiciones de operación necesarias para controlar la calidad del producto, lo que nuevamente limita el uso de sus capacidades construidas a partir de la producción y el conocimiento del producto.

En el caso de la empresa en estudio, al no realizar esfuerzos de I+D parecería que está desaprovechando su capacidad para integrar sus herramientas administrativas (sistemas de gestión), su probada capacidad de planeación estratégica (observación obtenida de las entrevistas) para obtener una integración de una estrategia tecnológico-ambiental con miras a la eco-innovación y la generación de valor.

Para finalizar este apartado se presenta el perfil de capacidades tecnológicas de Nhumo; debe tenerse en cuenta que ha desarrollado diversas capacidades organizacionales que no están incluidas en la taxonomía y que vale la pena considerarlas como posibles laboratorios de experiencias de las capacidades innovadoras que aún no desarrolla del todo la empresa (cuadro 18).

Si el perfil de capacidades de Nhumo muestra que son intermedias en la mayoría de los casos, entonces nos sugiere que también en este punto estaría en la interfase para “saltar” de las capacidades productivas y tecnológicas a las innovadoras. Para que suceda lo anterior, la empresa debería favorecer la generación de conocimiento propio. Como mencionamos en el apartado teórico, la I+D es una opción, mas no la única, pues si recordamos

CUADRO 18. *Perfil de capacidades tecnológicas de la empresa*

<i>Empresa</i>	<i>Funciones técnicas primarias</i>			<i>Funciones técnicas de soporte</i>	
	<i>Inversión</i>	<i>Producción</i>		<i>Vinculación externa</i>	<i>Producción de bienes de capital</i>
		<i>Centrada en los procesos y la organización producción</i>	<i>Centrada en el producto</i>		
Nhumo	Intermedias	Intermedias	Básicas	Intermedias	Intermedias

FUENTE: elaboración propia con base en Dutrénit y Vera-cruz (2001) y Bell y Pavitt (1995).

que el sector químico se basa en la ciencia, y las universidades e institutos de investigación pueden generar este conocimiento, entonces valdría la pena apropiárselo.

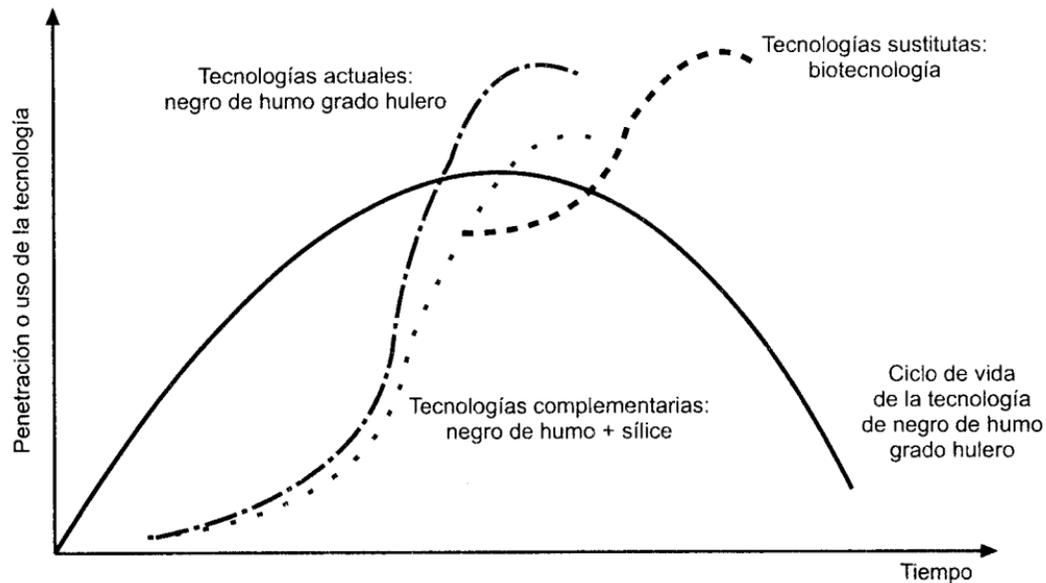
### *La administración de tecnología en Nhumo*

La estrategia tecnológica de Nhumo se define como de “seguidor rápido” de su socio tecnológico, de quien obtiene los beneficios de la transferencia de información tecnológica para la fabricación de negro de humo en el mundo: Cabot. Esta decisión estratégica tiene un carácter de *joint venture*, pues el socio tecnológico posee 40% de la empresa y su origen parece fundamentarse en una decisión estratégica de nivel corporativo para que su negocio (rentable dadas las condiciones macroeconómicas del país en ese momento histórico) estuviera con el mejor en la época en que se tenía la planta de Salamanca y Negroservia estaba a punto de ser adquirida.

Como se mencionó en el capítulo II, la emergencia de diversas trayectorias tecnológicas que desplacen a la propia puede representar un grave peligro para la supervivencia de la empresa en escenarios cambiantes. En la figura 12 puede observarse que la curva de la tecnología para el negro de humo grado hulero, precisamente en el punto de intersección con la curva del ciclo de vida, se marca con una flecha que ejemplifica el punto en la curva de aprendizaje alcanzado por el personal de Nhumo. Si esto es cierto, pronto se entrará en una etapa de declive que brindaría la oportunidad de “abordar” otra trayectoria tecnológica que le permitiera reconvertirse y no perecer. Éste sería el escenario optimista; de otra manera, en determinado tiempo, dadas las condiciones del mercado, la disminución de las reservas de petróleo que este proceso pudiera acelerar tendría proporciones catastróficas para el mercado nacional y mundial.

No es evidente, a partir del análisis de la información de Nhumo, que esta decisión estratégica de negocios haya tenido como objetivo satisfacer una necesidad de “aprendizaje” tecnoló-

FIGURA 12. *Ciclo de vida de la tecnología de negro de humo y curvas de aprendizaje asociadas*



FUENTE: elaboración propia.

gico (pues el principal objetivo de la naciente Nhumo era la competitividad) o mejorar el desempeño ambiental de la empresa (pues en esa época en México la legislación ambiental aún no era tan estricta). Estas necesidades de aprendizaje tecnológico (o de asimilación de tecnología, como se concibe en Nhumo) y de disminuir el impacto al medio ambiente, fueron descubiertas con el paso del tiempo como un resultado influido por el entorno y las políticas corporativas de DESC y Cabot, que confluyeron en determinado momento para el proceso de reconversión de la empresa a su llegada a Altamira, pues con el anterior socio tecnológico de Negromex en Salamanca, Philips Petroleum, no se había logrado del todo absorber la tecnología o “capitalizarla” en beneficio de la empresa.

La realidad actual de la estrategia tecnológica de Nhumo parece situarla en una especie de dualidad. Primero el plano reactivo, al definirse como seguidor rápido con características de empresa activa, pues domina el estado del arte de la producción de negro de humo grado hulero, y segundo, con elementos de *atado al tecnólogo* como receptor de tecnología de Cabot, pues una paradoja del uso de la información tecnológica es que si la empresa no solicita la información tecnológica a su socio, este último no la proporciona con la rapidez debida.

Este tipo de prácticas de parte de los tecnólogos pudiera ser una de las causas por las que las empresas que tienen contratos tecnológicos con tecnólogos, como se mostró en el estudio sobre Alianzas Estratégicas en la industria química citado en el capítulo primero, nos permitan entender algunas limitantes actuales de Nhumo en el tema de la construcción de capacidades tecnológicas. A cambio de la construcción de capacidades productivas reciben apoyo del tecnólogo en la producción y la búsqueda de la competitividad, que siempre ha estado presente en la empresa, pero no así la total colaboración en el desarrollo de nuevos productos (incluso para el mercado). El limitado uso de las capacidades innovadoras que Nhumo ha desarrollado en procesos y organizacionalmente, para generar así innovaciones tecnológicas, disminuye la capacidad de absorción.

Luego entonces, para una empresa que ha desarrollado en una interfase entre empresas atadas a tecnólogo y activas, como se rescata de la taxonomía de tipo de empresas mostrada en el cuadro 6, valdría la pena preguntarse si sería pertinente intentar moverse a un plano innovador, cuando históricamente las mejoras incrementales han dado beneficios.

Nhumo no realiza I+D pues, como ya se vio, cualquier información relacionada con este tema puede solicitarse a su socio tecnológico, y se limita a desarrollar algunos productos diferenciados determinados por los requerimientos de los clientes y el mercado que su tecnología instalada le permite producir, con ciertas modificaciones de proceso.

En este mismo sentido, lo que sí tiene definido Nhumo es una permanente estrategia de mejora continua, búsqueda de oportunidades y disminución de costos (mediante la reducción de equipos), pues así realiza cambios en su proceso productivo que busquen incrementar su competitividad. Esto, aunado a otros procesos como el *benchmarking* y la *reingeniería*, los proyectos desarrollados con la metodología de *team technology* y la definición de las estrategias de negocio, tiene un espectro de posibilidades de desarrollo de mejoras incrementales de proceso finitas, determinadas por la trayectoria tecnológica de su proceso, que se detendrá en el momento en que se tenga un ciclo cerrado dada la total recuperación de la energía, que es una variable crítica.

El tema de las patentes y del sistema de propiedad intelectual resultaría vital dentro de una dinámica eco-innovadora, pero la realidad de la empresa es que ha dejado de aprovechar este tipo de explotación comercial de las innovaciones, puesto que no está facultada en virtud del contrato tecnológico. La realidad es que un indicador de la capacidad innovadora es el número de patentes, y no basta con que una empresa sea creativa en el plano organizacional, sino que debería estar en condiciones de explotar comercialmente esa capacidad de inventiva.

En relación con el futuro de las innovaciones de proceso, puesto que la principal variable de control es la energía, se tienen oportunidades de mejora en este renglón. De este modo, la pér-

dida de energía por radiación, convexión, etc., podría ser recuperada. La empresa ya está al tanto de ello: una prueba es el diagnóstico energético realizado en meses anteriores, pero el gran riesgo que se volvería a correr es la pérdida de oportunidades de aprendizaje para capitalizar el desarrollo de innovaciones incrementales en proceso. Esto es, si no se cuenta con un proceso de innovación (que complemente los procedimientos de ingeniería) y producto de una estrategia del mismo tipo, entonces se puede tener el mismo resultado de los proyectos anteriores, que sólo permitirá el aprendizaje tecnológico en el plano individual (de la gente que es clave y que seguramente realizaría dichos proyectos), y la organización no obtendría el beneficio total de ello.

Por lo anterior, convendría replantearse de qué manera deberían desarrollarse los proyectos de innovación en la empresa, de modo que se favoreciera el aprendizaje y no sólo se tuvieran memorias de proyectos que muestren todos los cálculos de ingeniería y las especificaciones de cada equipo. Tendría que ser una verdadera herramienta de “lecciones aprendidas”, con un proceso de evaluación e interiorización del conocimiento a través del uso de la información y la interrelación con los demás individuos.

### *Recomendaciones a la empresa*

Los siguientes cuadros corresponden a las recomendaciones más importantes, a partir del diagnóstico para la empresa en estudio. Cabe recordar que uno de los requerimientos por parte de la empresa fue empatar los objetivos académicos con los de la firma en el tema de la asimilación tecnológica.

El análisis de la información permitió detectar una serie de herramientas que favorecen la administración del conocimiento en Nhumo, pero el autor considera importante incluir algunas otras ilustradas en el cuadro 19 en el rubro de necesarias, pues se considera que las herramientas para reforzar la cultura y las administrativas son adecuadas al contexto en que se desempeña.

CUADRO 19. *Herramientas actuales y necesarias para administrar el conocimiento en Nhumo*

	<i>Herramientas para administrar el conocimiento</i>	<i>Herramientas para reforzar la cultura organizacional</i>	<i>Herramientas administrativas</i>
<b>Presentes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapeo de procesos</li> <li>• <i>Benchmarking</i></li> <li>• Sugerencias (novoideas y otras herramientas)</li> <li>• Cadena cliente-proveedor interno</li> <li>• Capacitación institucional</li> <li>• Equipos de trabajo (<i>infoteam</i>)</li> <li>• Fuentes de información tecnológica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyectos de calidad</li> <li>• Perfil de competencias (perfil tecnológico por puesto)</li> <li>• Modelo de competencias</li> <li>• Simplificación de procesos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de gestión integral (integra ISO 9000, 14000 y responsabilidad integral)</li> <li>• Sistema de propiedad industrial e intelectual</li> <li>• Administración de seguridad en los procesos</li> <li>• Planeación estratégica</li> </ul>
<b>Necesarias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo de capacidad de absorción tecnológica</li> <li>• Modelo de administración de tecnología</li> <li>• Modelo de tecnología aplicada a la innovación</li> <li>• Metodología de desarrollo de nuevos productos basado en innovación</li> <li>• Mecanismo para retroalimentación de herramientas exportadas</li> <li>• Oportunidades de aprendizaje</li> </ul>		

FUENTE: elaboración propia con base en entrevistas e información del estudio de caso.

Estas nuevas herramientas incluyen algunos modelos producto de este estudio y otros que la empresa tendría que desarrollar.

En el tema de aprendizaje ambiental, el modelo de la figura 13 está basado en el que se presenta para las empresas suizas, sólo que se incluyan las herramientas presentes en Nhumo que hacen evidente este proceso en la empresa.

La estrategia tecnológica que busca Nhumo se basa principalmente en la asimilación de tecnología. El cuadro 20 muestra una gama de opciones para plantear su estrategia. Una de las principales recomendaciones es la formulación de una política tecnológica, pues el estudio de caso nos ha mostrado que la base para formular una estrategia son los principios rectores, en este caso la declaración de política tecnológica.

Ahora bien, si hemos demostrado con el análisis de la información que Nhumo ha acumulado aprendizaje ambiental, entonces podemos establecer que también lo ha hecho en el plano tecnológico como una sola unidad, en otras palabras, aprendizaje tecnológico en materia ambiental. Comparando las actividades de aprendizaje de los modelos de Arvanitis y Villavicencio

CUADRO 20. *Estrategia tecnológica posible para Nhumo*

<i>Estrategia</i>	<i>Beneficios</i>
Capacitación (adquisición)	Ver lo que está libre en el mercado
Compra de tecnología	Adquirir lo necesario para mejorar la competitividad
Asimilación de tecnología	Explotar al tecnólogo y reaccionar a necesidades (de mercado y clientes)
Administración de tecnología	Gerencia de tecnología propia, estrategia tecnológica y de fuentes tecnológicas
Desarrollo tecnológico incremental	Construcción de capacidades tecnológicas
Desarrollo tecnológico radical	Capitalización del aprendizaje tecnológico en la generación de tecnología

FUENTE: elaboración propia con base en Ford (1988) y Medellín *et al.* (1999).

FIGURA 13. *Modelo de aprendizaje ambiental para Nhumo*

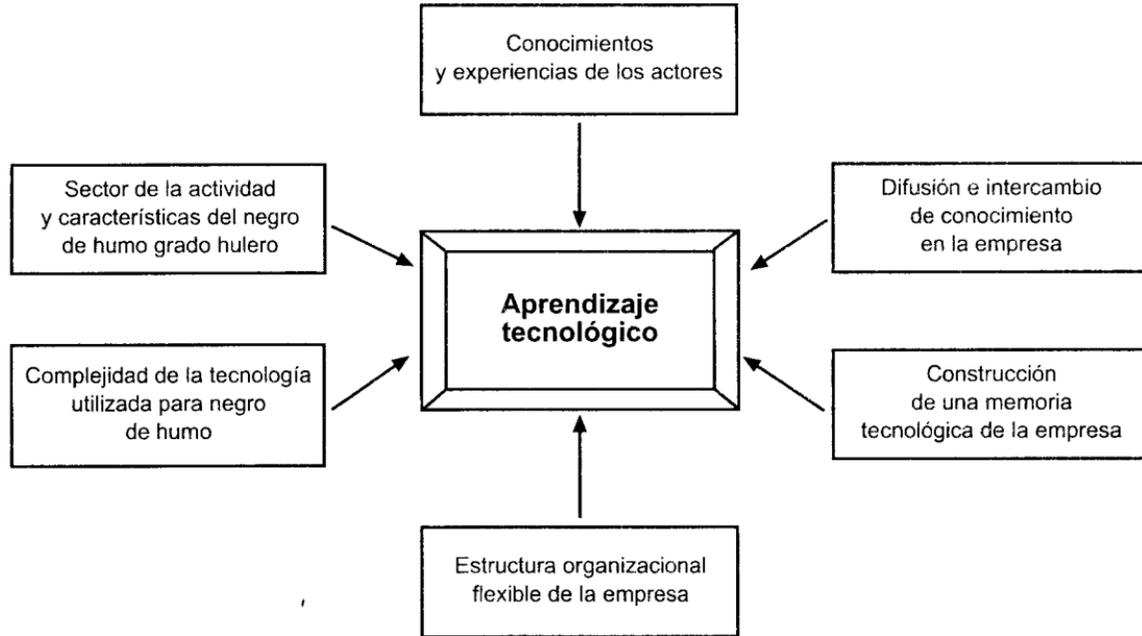


FUENTE: elaboración propia a partir de A. November (1995).

(1995) y de Villavicencio (1995) para la industria química, Nhumo cuenta con todos los elementos y realiza todas las actividades descritas. El modelo supondría ser como se muestra en la figura 14.

Finalmente, se realizó un análisis de *fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas* encontradas para Nhumo y que significan respectivamente *capacidades centrales, proyectos a futuro, rigideces y condiciones de permanencia y limitantes a la reconversión*, que a petición de la empresa se mantiene confidencial, y por tanto no se encuentra disponible en este trabajo, pero sí en la memoria del archivo de Nhumo.

FIGURA 14. Modelo de aprendizaje tecnológico para Nhumo



FUENTE: elaboración propia con base en Villavicencio *et al.* (1995).



## IV. Conclusiones

Abordar el tema de la tecnología, la innovación y el medio ambiente en la industria química mexicana es sin duda un gran reto para cualquier investigador del cambio tecnológico y la economía de la innovación. Las dos corrientes teóricas empleadas para el análisis del tema, por un lado el aprendizaje tecnológico y por el otro la construcción de capacidades como parte de la economía del cambio técnico y la innovación, no han abordado con suficiente claridad las interrelaciones de estas variables con el medio ambiente. Los pocos estudios realizados son limitados en el sentido del espacio temporal analizado y la complejidad del total de la industria, pues la especificidad de cada sector podría hacer diferentes estas interrelaciones. Además, el marco teórico del medio ambiente y el desarrollo sostenible, que para el caso de las empresas —al menos para el caso de la literatura de países en desarrollo— se centra en los problemas de contaminación y de la minimización de impactos sobre el medio ambiente, ha descuidado, en mi opinión, una parte dentro de la firma que es justamente el aprendizaje tecnológico-ambiental traducido en herramientas como la eco-innovación y la construcción de capacidades tecnológicas innovadoras.

Parece ser que en este último sentido la convergencia de esquemas y fuerzas recientes motivadas por algunos programas gubernamentales y el sentido de responsabilidad social y ambiental de las empresas, han hecho que se hayan empezado a adoptar

nuevas pautas de conducta empresarial que motivan el desarrollo de alternativas en el interior de la firma para prevenir el problema de impactar a la salud y al medio ambiente, en una postura *ex ante* de integración de la variable ambiental a las diversas variables de la empresa.

Analizar la organización productiva en un estudio de caso nos permite entender cómo todos los actores clave en los procesos de reconversión, aprendizaje, producción, operación, etc., se relacionan con otros actores y construyen una memoria colectiva para la empresa, pues aun cuando el aprendizaje organizacional no es la suma de los aprendizajes individuales de cada actor, son las herramientas dispuestas, además de una serie de mecanismos que favorezcan el proceso de creación de la espiral de conocimiento, lo que permite a una empresa aprender, y con ello innovar.

Para tener las características técnicas actuales, la empresa debió sufrir un cambio en el proceso productivo y en la organización misma. Por ello, se supone que la empresa contaba ya con una base de conocimiento y con ciertas capacidades de producción y tecnológicas construidas con anterioridad, pero que en el momento que debió invertir en su capacidad de absorción y buscar las mejores condiciones para desarrollar sus propias capacidades de I+D no lo hizo, y continuó con una inercia dictada por el paradigma tecnológico de su socio, que le impide en la actualidad formular innovaciones. Se limitaba a aportar soluciones de ingeniería para su proceso, cuyo fin es la recuperación energética, pues una vez concluidas estas mejoras y logrando un proceso de ciclo cerrado completamente eficiente no habrá más qué hacer, es decir, alcanzarán la máxima eficiencia posible pero comenzarán a desaprender.

Cabe hacer mención de las limitantes de la investigación, pues al tratarse de un estudio de caso éste sólo se refiere a la empresa estudiada, y para poder realizar inferencias al resto de la industria química mexicana tendríamos que ser muy cuidadosos en la selección de escenarios y características afines, de modo que pudieran equipararse al tratar de explicar el fenómeno en su totalidad, mediante una replicación lógica y fácil de analizar, y poder cons-

truir así suficiente evidencia empírica. Por otra parte, se contó con un acuerdo de confidencialidad entre la empresa y el autor, lo que limita la publicación de información considerada estratégica para su sistema de propiedad industrial e intelectual.

Con base en el marco anteriormente planteado, se presentan las conclusiones más relevantes del estudio de caso y que responden a las preguntas planteadas para tal efecto, con un alto grado de complementariedad entre las mismas, de manera que podría encontrarse una gran relación entre los siguientes incisos.

En relación con la pregunta que plantea encontrar los procesos de aprendizaje que permiten a una empresa química mexicana como Nhumo integrar la variable ambiental a los procesos, productos y servicios ambientales para formular y desarrollar su estrategia, y complementada con la que plantea cómo puede realizarse dicha integración a las diferentes variables tecnológicas y, en su caso, cómo se da esta interrelación, obtuvimos lo siguiente:

- La noción de aprendizaje tecnológico tomada como referencia para este estudio supone que la articulación de los conocimientos y experiencias de los actores individuales relacionada con las reglas organizacionales motiva la creación de conocimiento y la generación de capacidades tecnológicas con un sentido de acumulatividad. En este punto, para responder si Nhumo ha aprendido en materia de tecnología y medio ambiente, conviene referirnos al cumplimiento de las actividades de aprendizaje descritas para ello. La empresa, al desarrollarlas y cumplir con los componentes de nuestro modelo, supone un aprendizaje tecnológico-ambiental, aun cuando es difícil saber en qué grado, pues no existe un marco de referencia pertinente, por la carencia de investigaciones de este tipo.
- Los principales motivos para introducir la variable ambiental en la definición de aprendizaje tecnológico para la empresa se dieron por las políticas corporativas y por un alto compromiso con la búsqueda de la competitividad y la calidad en primera instancia, para después formular una

estrategia de negocios que incluye el uso eco-eficiente de los recursos como uno de sus nuevos pilares de competencia, pues este enfoque es apreciado por la reducción de costos y la generación de valor para la firma.

- Nuestra pregunta principal se basa fundamentalmente en la presencia de variables ambientales en las diferentes variables de estudio, llámense organización, proceso productivo, aprendizaje tecnológico y tecnología en la forma de cambio tecnológico, e innovación. Por la evidencia encontrada en el estudio de caso, podemos afirmar que Nhumo es una empresa que cuenta con la variable ambiental integrada en las diferentes variables de referencia. Esto, aunado a una política explícita orientada a la calidad total y los clientes, le permite gozar hoy de una cultura de desarrollo sostenible como producto de una administración exitosa sumada a políticas corporativas de su principal accionista, DESC, y su socio tecnológico y coinversionista, Cabot, que le implican un respaldo financiero, tecnológico, de mercados, así como la construcción de escenarios y mecanismos de reconocimiento de su esfuerzo.
- Una de las principales conclusiones de esta investigación es que la estrategia ambiental en Nhumo no fue del todo clara desde el principio. Su primera motivación fue *reducir costos por la vía de combatir ineficiencias*. Sin embargo, progresivamente, y en un sentido acumulativo, descubrió la vinculación entre la generación de valor y la eco-eficiencia, lo que supone una mayor producción con una menor cantidad de recursos. Esta práctica de reducción de costos mediante la solución de problemas de ingeniería podría ser uno de los principales impulsores de la eco-innovación en las empresas químicas mexicanas.
- Podemos afirmar que Nhumo sí ha aprendido ambiental y tecnológicamente siendo eco-eficiente, pues ha encontrado nuevos usos para su proceso (como la generación de vapor), pero presenta una paradoja de “nuevos fines para desechos pero pocos nuevos fines para productos”, pues

busca cómo darle un nuevo uso a sus desechos (sinergias de subproductos), pero no cómo darle un nuevo uso a sus productos. Una vez integrado, lo anterior se transformaría en eco-innovaciones, pero como resultado se desaprovechan capacidades tecnológicas e innovadoras ya formadas. Este hecho demuestra que Nhumo no ha logrado integrar fuertemente las dos variables, pues aprendió a ser eficiente pero no a innovar.

- Una de las posibles causas de la falta de integración sólida de las variables tecnológica y ambiental —pues cabe reconocer los esfuerzos de mejoras a procesos y el caso de la generación de vapor vía recuperación de gases de desecho— es que el aprendizaje tecnológico de la empresa se encuentra en el plano individual. Gracias quizás a que el conocimiento que poseen actores clave para la dinámica productiva no se ha interrelacionado de manera adecuada con las herramientas y los mecanismos organizacionales, a pesar de contar con diversos instrumentos que facilitan los procesos de aprendizaje y la construcción de capacidades fundamentados en su sistema de gestión integral, se permitió codificar el conocimiento y los sistemas ISO que motivaron el reconocer las mejores prácticas.
- La empresa no ha utilizado las capacidades tecnológicas que ha desarrollado debido, en cierta medida, a su atadura tecnológica que le genera un efecto de bloqueo (*lock out*) y que en un futuro le representa el riesgo de borrarlas de la memoria colectiva de la empresa, pues si sus actores clave se van, es muy probable que se vaya el conocimiento de esos pocos expertos en la fabricación de negro de humo, aun cuando los procedimientos les permitan seguir con una dinámica productiva. Las experiencias que se han acumulado se transformarían en innovación si se tradujeran en el ejercicio de capacidades de concepción y diseño de productos mejorados y nuevos; en este sentido, Nhumo ha construido ciertas capacidades que ha ejercido limitadamente tanto por el candado tecnológico como por su

incapacidad de reconvertirse a esta nueva trayectoria planteada.

Para responder la última pregunta relacionada con el tipo de dinámica eco-innovadora y eco-eficiente existente en una empresa química mexicana como Nhumo y que le pueda generar oportunidades de negocio, la evidencia empírica producto de la investigación arroja los siguientes puntos:

- La trayectoria tecnológica de Nhumo es particularmente interesante en materia ambiental, pues ha realizado diversos proyectos no sistemáticos como producto de un proceso de búsqueda de oportunidades motivado por su esquema de mejora continua y reducción de costos. Al manifestar en su política integral una visión de desarrollo sustentable, demuestra su compromiso de prevenir la contaminación y mejorar su desempeño ambiental en beneficio de la comunidad.
- Al no haber una estrategia de eco-innovación responsable de la articulación de conocimientos, la empresa no ha aprovechado sus capacidades, a pesar de contar con todos los soportes y herramientas necesarios para administrar su conocimiento. Y, con lo anterior, tener una base que detone su ahora disminuida capacidad de absorción (tecnológica) que limita la capacidad de asimilación de tecnología vía la I+D, pues las interacciones de las experiencias no se capitalizan en innovaciones. En este punto cabe recordar la noción de I+D de tercera generación que se basa en la integración de las estrategias organizacionales, comerciales y tecnológicas y que podría significar acceder a otro tipo de productos y procesos, los cuales no ha alcanzado Nhumo.
- Queda claro entonces que en el escenario de las empresas innovadoras las eco-innovaciones pueden ser motivadas por el aspecto económico primero y la búsqueda de la mejora continua después, mediante el cumplimiento con sus sistemas de gestión. Al estar integrados estos aspectos,

como se vio desde el apartado teórico correspondiente, pueden representar para la empresa una ventaja competitiva única en los mercados nacional y global, y posicionarla como una firma social y ambientalmente responsable.

Con el propósito de completar los requerimientos de la empresa, como se mencionó desde la introducción de este trabajo, también se abordó el tema de la administración del conocimiento y la asimilación de tecnología, por lo que presentamos a guisa de conclusión lo siguiente:

- Hasta el momento, el modelo de administración del conocimiento no ha servido para construir capacidades tecnológicas, sino para construir capacidades productivas. El modelo muestra que Nhumo no está generando conocimiento nuevo con el propósito de acumular capacidades tecnológicas, pues le es transferido por su socio tecnológico, presentándose un efecto de *lock out*. Pareciera no interesarle generar nuevo conocimiento tecnológico, pues lo recibe de su tecnólogo. Su modelo descuida la noción de coexistencia entre el conocimiento tácito y el explícito como una forma de que los actores modifiquen el comportamiento de la empresa y puedan generar innovaciones. Esta capacidad se ve parcialmente limitada por la definición de un modelo de administración del conocimiento que supone un proceso lineal que cataloga la información, la difunde y al utilizarla genera innovaciones. Si se tiene una visión de este tipo se corre el riesgo de continuar con la rigidez creada, que supone que porque la información está disponible se generará nuevo conocimiento, lo cual no es necesariamente cierto.
- El entorno macroeconómico para esta empresa, y en particular para el *commodity* que produce con un proceso maduro, le representa una gran amenaza incluso para su permanencia en el mercado, lo que se conjuga con numerosos factores, pues su principal materia prima es un recurso no

renovable derivado de petróleo que es finito, aunado a la emergencia de otras tecnologías que están en un paradigma tecnológico que va en declive. Otro de los posibles inhibidores a la innovación es que se trata de la única empresa en el mercado, y por tanto opera en condiciones oligopólicas, pues en la práctica abarca todo el mercado nacional, y el resto del mismo se podría considerar un pequeño competidor entrante que difícilmente le arrebatará su cuota de mercado.

- La carencia de desarrollo de algunas capacidades tecnológicas y de aprendizaje tecnológico en el ámbito de la empresa le impediría reconvertirse en caso de una discontinuidad tecnológica, puesto que sus capacidades innovadoras se encuentran limitadas por licencias tecnológicas y por las condiciones de contrato. Por lo anterior resulta conveniente, primero, la realización de un diagnóstico tecnológico que les permita definir sus prioridades y motive un cambio de valores en el colectivo de la empresa; enseguida convendría sentar las bases de una estrategia tecnológica que le permitiera reconvertirse mediante la definición de una política tecnológica que se tradujera en el pilar de su administración de tecnología y obtuviera efectivamente las capacidades, experiencia y conocimientos de la alianza tecnológica con que cuentan, producto de mejores condiciones tecnológicas para el tiempo restante y para que puedan en un futuro cercano caminar solos y aprovechar las capacidades tecnológicas, productivas y organizacionales que le han permitido integrar la variable ambiental a su estrategia de negocios y organizacional.

Es conveniente mencionar que los esfuerzos realizados por la empresa en materia de administración del conocimiento y la construcción de capacidades tecnológicas le han permitido identificar cuáles son sus motivos para incursionar en estos temas, pues la gran movilidad de los mercados globales y su competencia han llevado a la empresa a mantener una preocupación constante no

sólo por la productividad y la calidad, sino por desarrollar ventajas competitivas sobre sus competidores y socios. En este mismo sentido, de la reunión de presentación de resultados emanaron algunas observaciones para complementar las conclusiones anteriores y que servirían para planear el departamento de tecnología aplicada en los meses subsiguientes:

- En materia de desarrollo tecnológico, Nhumo ha desarrollado la habilidad de monitorear, adaptar, implantar y difundir prácticas novedosas en materia ambiental. Sin embargo, esta práctica no es recurrente en las demás áreas de operación, en donde los desarrollos más bien han derivado de problemáticas que se han presentado a instancias de demandas emanadas del corporativo de Cabot, o bien, por efectos económicos. Estos desarrollos se presentan como prácticas de mejora continua dentro de su sistema de calidad, que así desarrolladas constituyen los cimientos de una potencial plataforma de innovación tecnológica.
- En materia de aprendizaje tecnológico, entendiéndolo como el proceso a través del cual se crea conocimiento y se adquieren capacidades tecnológicas, Nhumo ha tenido un aprendizaje en el ámbito individual, pero no en el colectivo, que no puede traducirse cabalmente como capacidades tecnológicas, ya que aunque poseen habilidades de este tipo, no cuentan con un esquema que sistematice esta clase de desarrollos y se dé en forma planeada (en términos de un modelo empresarial y positivista).
- Nhumo se encuentra en la fase de implantación de su sistema de asimilación de tecnología, el cual hasta la fase de diseño es independiente de otro sistema también en implantación que es el de administración del conocimiento. Se considera que estos dos sistemas debieran ser uno solo, ya que al ser la tecnología la fuente de generación del conocimiento, una es consecuencia (administración) de la otra (asimilación).

- Una manera como se considera que Nhumo podría empezar a implantar un sistema de administración de tecnología (y no limitarse simplemente a la asimilación) es realizando primero un diagnóstico de su capacidad tecnológica instalada, para lo cual la metodología de auditoría tecnológica incluida en este documento puede ser una herramienta muy útil, una vez hecho el diagnóstico y detectadas sus áreas de oportunidad. Lo siguiente sería la definición de una política tecnológica y de las estrategias para instrumentarla.
- Respecto a la administración del conocimiento, se aprecia que Nhumo tiene muchos elementos para poder implantar el proyecto en su modelo. Hasta este momento tienen estructurada la parte de documentación de resultados finales o intermedios, mas no ha desarrollado aún la habilidad de documentar el conocimiento tácito (experiencia de los individuos) y difundirlo a la organización para conocer su percepción, aun cuando esta experiencia no se haya traducido en un producto exitoso. El intercambio de opiniones y experiencias constituye la base de la generación de ideas para la innovación, y de ella se generan los desarrollos tecnológicos.
- Se considera que una vez que Nhumo tenga implantado su sistema de administración tecnológica, será muy importante que los aspectos ambientales formen parte de los criterios que enmarquen el sistema, con lo cual la empresa asegurará que a la par que desarrolla innovación y tecnología, también generará eco-innovaciones que por supuesto se instrumentarán con facilidad por la experiencia que Nhumo ha generado en las prácticas exitosas de eco-eficiencia.

Finalmente, resulta pertinente plantear algunas interrogantes que serían motivo de investigaciones posteriores, en el sentido de encontrar más evidencia que permita conocer con mayor detalle cómo sería posible lograr esa integración sólida de las variables

tecnológica y ambiental en la industria química mexicana. Dichas preguntas podrían formularse de la siguiente manera:

- Dadas las condiciones de este tipo de empresas químicas mexicanas en la actualidad, ¿qué factores las motivarían a reconvertirse en busca de alcanzar la eco-innovación?
- A una empresa de este tipo, dada la naturaleza de su sector, ¿en qué medida le serviría desarrollar capacidades y acumular aprendizaje en caso de que cambien las condiciones de mercado y los paradigmas?
- ¿Cuáles serán los efectos de las empresas químicas atadas a tecnólogos cuando dicho contrato finalice en un escenario de mercados y entornos cambiantes, facilitando la entrada de competidores con eco-productos y a un menor precio?



## Anexos

### ANEXO 1. Los orígenes de la industria química en el mundo y su impacto en el medio ambiente

Debemos reconocer que desde la Revolución industrial encontramos muchos ejemplos de cómo los nuevos descubrimientos han provocado un gran crecimiento económico para la humanidad, y no sólo generado problemas. Antes de esta era, no existía un concepto real de crecimiento, excepto por la conquista, el despojo y la exploración. No es una coincidencia que el trabajo de Adam Smith, *La riqueza de las naciones*, apareciera en 1776, en el inicio de la era moderna, y que aún reconozcamos su conocimiento profundo de un sistema económico que pudo acomodarse y construirse en esa revolución. No debe perderse de vista el milagro del crecimiento desde que comenzó a incrementarse notoriamente, a pesar de que la población mundial también se incrementaba (Arora y Landau, 1999).

En Europa, el carbón alimentó los motores del principio de la edad industrial: se usó en los hornos de las fábricas y las fundiciones, que con frecuencia estaban cerca de las minas de carbón para poder reducir el transporte. El trabajo en las minas a menudo era agotador y peligroso, y a esto se agregaban salarios muy bajos. Las grandes industrias favorecieron las enormes ciudades industriales cuyos humos de carbón emergían desde una profusión de chimeneas. Aunque en general los ciudadanos se benefi-

cieron de la prosperidad que conllevaba la industrialización, la gente sufría también serios problemas de salud. El humo era tan denso que la gente moría en proporciones inusuales, principalmente de afecciones pulmonares. La ceniza y el hollín cubrían casi todo, ennegreciendo los edificios, árboles y otros objetos. El humo de las numerosas fábricas irritaba los ojos y el desagradable olor a azufre y bióxido de carbono de la combustión del carbón estaba por todas partes. Algunos días el humo era tan denso que no se podía ni ver el sol (Erickson, 1993).

La industria química en especial, aunque cimentó sus bases científicas con anterioridad, tomó la forma con que la conocemos actualmente apenas a comienzos del siglo XIX con el establecimiento de procesos de fabricación a gran escala, tales como el método de LeBlanc para el carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  o sosa), el proceso de las cámaras de plomo para el ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ , además de que el plomo, Pb, era el único material conocido que soportaba el efecto del ácido) y la manufactura de polvos blanqueadores (basándose en el cloro,  $\text{Cl}_2$ , recuperado del proceso de obtención de sosa). A mediados del siglo XIX, el descubrimiento del primer colorante sintético hecho por William Perkin habría de tener repercusiones apreciables, y un poco más adelante aparecieron nuevos procesos para la manufactura de la sosa, como el del ácido sulfúrico, el proceso Solvay y el método de contacto (Derry y Williams, 1983).

Entonces, resulta interesante comprobar cómo el progreso económico y las mejoras en los procesos parecían conducir a la humanidad a una era de prosperidad etérea. Muchas de las mejoras iniciales en los procesos químicos tuvieron su base en la casualidad, como el caso de la *malveína* de Perkin.

En una sociedad en la que el pleno desarrollo y el cambio en los estilos de vida se sugería como el escenario ideal para hacer “bien” las cosas, es decir, atender a las necesidades primarias del hombre sin perjudicar su entorno, se presentaron factores, como la deficiencia en los medios de información y comunicación, que hicieron que los pocos esfuerzos por conservar el equilibrio natural fuesen aislados.

Los inicios relativamente lentos en la adopción de las nuevas tecnologías, aunados a una postura conservadora de aquellos primeros industriales —los clientes potenciales de los nuevos “desarrolladores” de nuevas tecnologías o de mejoras en procesos—, hicieron que los esfuerzos por establecer una dinámica de cambio tecnológico durara poco más de un siglo. Veamos por qué. Los cambios técnicos en el método LeBlanc para producir sosa (el primero de importancia industrial) duraron más de un siglo —aun cuando Nicolás LeBlanc no pudo disfrutar los beneficios de su invención, pues la Revolución francesa lo llevó a la ruina y se suicidó en 1806—; desde su invención en 1787 hasta 1893, con la recuperación de cloro de parte de Chance para producir blanqueadores, fue una época de progreso y mejoras al método base, y esto, junto con una adopción gradual de los países europeos, hicieron que su periodo de vida se prolongara aún más (Derry y Williams, 1983).

Si el método LeBlanc era sujeto de cambio y mejoras incrementales al proceso base, debería haber consecuencias positivas para la sociedad y el entorno. En 1828, James Muspratt había instalado ya factorías en las inmediaciones de Liverpool y se vio inmerso en controversias legales con las autoridades y los vecinos, pues la primera etapa del método de producción de sosa generaba gran cantidad de cloruro de hidrógeno gaseoso ( $\text{HCl}_g$ ) como subproducto, el cual formaba una nube densa y altamente tóxica que inhalaban los pobladores, y, como consecuencia, niños y ancianos fueron los primeros afectados con ulceraciones en las mucosas, además de destrucción en la propiedad, pues el  $\text{HCl}_g$  al absorberse en agua (con agua de lluvia, por ejemplo) se torna en ácido clorhídrico ( $\text{HCl}_l$ ), y éste es altamente corrosivo en gran cantidad de materiales (Singer, 1975).

La primera mejora técnica en lo que respecta a protección al ambiente fue obligada de manera indirecta por el gobierno y la sociedad inglesa, pues Muspratt, al ser detenido en diversas ocasiones por “alteración del orden público”, decidió realizar una mejora técnica al instalar chimeneas de 90 metros de altura para “solucionar” el inconveniente.

Es interesante mencionar que el primer desarrollo técnico propiamente de protección al ambiente, y con ello podemos sugerir el inicio de la ingeniería ambiental, fue desarrollado en 1836 por William Gossage, quien al tener experiencia como vendedor de productos químicos, le surgió la idea de utilizar un viejo molino de viento e introducir un material de empaque húmedo (para aprovechar el principio de absorción de un gas en agua) que le permitiría absorber el gas de HCl emanado del proceso mediante una corriente ascendente de gas y una descendente de agua (a partir de la suposición de que el agua de lluvia pudiera absorber el gas), es decir, creó la primera torre de absorción de gases o el primer lavador de gases (*scrubber*) (Singer, 1975).

Luego entonces, si la derrama económica trajo como consecuencia la necesidad de mejorar los procesos y poner énfasis en la utilización de subproductos o productos de desecho, la presión social resultó también en una demanda de la operación más cautelosa de la industria, y con ello en el fin de procesos que derivaban en consecuencias a terceros (Singer, 1975).

Por tanto, una industria madura como la química, con procesos maduros y una dinámica de innovaciones incrementales, dedicada a solucionar problemas técnicos y de operación, resulta de particular interés en su dinámica de protección al ambiente. Existe además cierto patrón de generar propuestas de solución técnica y de operación, pero olvidándose, al parecer, de generar oportunidades de negocios ambientales, no sólo de servicios de prevención sino también productos, procesos y servicios comercializables.

En virtud de las reglamentaciones y regulaciones en materia ambiental, las grandes firmas de la industria química han desarrollado y asimilado diversos mecanismos de protección ambiental, y conductas o políticas de responsabilidad hacia el medio ambiente y la sociedad. La presión social y gubernamental ha motivado la generación de políticas públicas formales en materia ambiental que se han integrado al total de la industria.

## ANEXO 2. Marco macroeconómico para la industria química en México

CUADRO A2.1. *Índice Nacional de Precios al Consumidor*  
(INPC) 1994=100

<i>Año</i>	<i>Índice</i>	<i>Variación</i>
1991	78.9	18.8
1992	89.3	11.9
1993	96.5	8.0
1994	103.3	7.1
1995	156.9	52.0
1996	200.4	27.7
1997	231.9	15.7
1998	275.0	18.6
1999	308.9	12.3
2000	336.6	9.0

FUENTE: INEGI, *Cuadernos de información oportuna*.

CUADRO A2.2. *Índice Nacional de Precios al Productor*  
(INPP) 1994=100

<i>Año</i>	<i>Índice</i>	<i>Variación</i>
1991	82.7	11.0
1992	91.4	10.5
1993	95.6	4.6
1994	104.3	9.1
1995	166.3	59.4
1996	208.4	25.3
1997	230.3	10.5
1998	270.4	17.4
1999	304.2	12.5
2000	323.6	6.4

FUENTE: INEGI, *Cuadernos de información oportuna*.

CUADRO A2.3

<i>Año</i>	<i>PIB a precios de 1993 (millones de pesos)</i>	<i>Variación %</i>	<i>Población (miles)</i>	<i>PIB per a precios de 1993 (pesos/hab.)</i>	<i>Variación %</i>
1993	1 256 196.00	2.0	84 000	14 954.71	0.7
1994	1 312 200.40	4.5	86 000	15 258.14	2.0
1995	1 230 608.00	(6.2)	91 158	13 499.73	(11.5)
1996	1 293 859.10	5.1	93 000	13 912.46	3.1
1997	1 381 561.60	6.8	94 700	14 588.82	4.9
1998	1 448 135.83	4.8	96 300	15 037.76	3.1
1999	1 503 164.15	3.8	98 100	15 322.77	1.9
2000	1 606 882.47	6.9	99 600	16 333.36	5.3

FUENTE: INEGI, *Cuadernos de información oportuna*, núm. 324.

CUADRO A2.4

<i>División</i>	<i>PIB a precios de 1993 (millones de pesos)</i>		<i>Variación %</i>	
	<i>1999</i>	<i>2000</i>	<i>1999</i>	<i>2000</i>
Producto interno bruto nacional	1 503 164.99	1 606 883.00	3.8	6.9
Producto interno bruto total				
Industria manufacturera	296 151.45	315 722.00	4.1	19.6
Participación de la industria manufacturera en el PIB nacional			19.7	19.6
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	74 848.00	75 515.00	5.1	0.9
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	25 048.00	25 318.00	2.6	1.1
Industria de la madera y productos de madera	8 835.00	8 970.00	(0.4)	1.5
Papel, productos de papel, imprentas y editoriales	13 952.00	13 747.00	4.6	(1.5)
Sustancias químicas, derivados del petróleo, productos de caucho y plástico*	44 850.00	44 455.00	2.8	(0.9)
Productos minerales no metálicos, exceptuando derivados de petróleo	20 402.00	20 619.00	3.2	1.1
Industrias metálicas básicas	14 985.00	14 420.00	(0.3)	(3.8)
Productos metálicos, maquinaria y equipo	90 675.00	103 448.00	5.7	14.1
Otras industrias manufactureras	8 796.00	9 035.00	3.3	5.8

FUENTE: INEGI, Información estadística de coyuntura.

\* Incluye: productos farmacéuticos, pinturas, barnices, lacas, tintas, perfumes, cosméticos, jabones, detergentes, dentífricos, cerillos, películas, placas y papel sensible para fotografía, limpiadores, aromatizantes, aceites esenciales, llantas y cámaras, piezas y artículos de hule natural o sintético, manufacturas de resinas termoplásticas y de plástico reforzado, calzado de plástico y juguetes de plástico.

### ANEXO 3. Entrevistas realizadas

<i>Tipo de puesto</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Grado de escolaridad</i>
Mandos gerenciales	9	6 licenciatura, 3 posgrado
Mandos intermedios	16	10 licenciatura, 6 posgrado
Personal operativo sindicalizado	3	1 educ. primaria, 2 licenciatura

### ANEXO 4. Fuentes de información para estudio de caso

Las fuentes de información documental utilizadas se muestran en el cuadro A4.1

CUADRO A4.1. *Requerimientos de información en Nhumo*

<i>Fuente de información</i>	<i>Descripción general</i>
Documentos relacionados con eventos de eco-innovaciones tecnológicas	Cartas, memorandos, agendas, anuncios, informes escritos de eventos, documentos administrativos de la empresa, estudios formales previos, periódicos y revistas de la compañía y corporativo, guías corporativas, etcétera.
Registros	Carpetas de proyecto, registros generales, diagramas, registros personales de informantes clave, etcétera.
Entrevistas	Con informantes clave: mandos gerenciales, intermedios y una muestra de personal de planta.
Grupos de discusión con informantes clave	Aquellos relacionados con la innovación tecnológica.
Observación directa	Reconocimiento de las diferentes áreas de la planta, en especial aquellas en donde se desarrollaron eco-innovaciones tecnológicas.
Artefactos físicos	Productos, catálogos, línea de producción, herramientas, instrumentos, maquinaria, equipos.

FUENTE: elaboración propia con base en metodología de estudio de caso de Yin (1994).

En particular, se tuvieron requerimientos de información más detallados contenidos en los cuadros A4.2 y A4.3.

CUADRO A4.2. *Registros requeridos para el análisis de la información*

<i>Diagrama tipo</i>	<i>Descripción general</i>	<i>Diagrama Nhumo</i>
Diagramas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagramas de proceso</li> <li>• Diagramas de servicios</li> <li>• Diagramas de flujo</li> <li>• Operaciones unitarias (balances de materia y energía, incluidos eco-balances)</li> <li>• Hojas de datos de seguridad de los materiales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Archivo tecnológico que contiene físicamente todos los diagramas pertinentes (espacio físico y base de datos)</li> <li>• Página web</li> </ul>
Registros generales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informes de desempeño ambiental</li> <li>• Indicadores de eco-eficiencia (incluyendo reportes periódicos)</li> <li>• Indicadores de cumplimiento de normatividades ambientales</li> <li>• COA</li> <li>• Registros de los resultados de la aplicación de instrumentos de gestión ambiental</li> <li>• Diagnósticos de auditorías ambientales</li> <li>• De certificaciones</li> <li>• De I+D (sistema de desarrollo experimental o ingeniería de detalle, escalamientos)</li> <li>• De transferencia e innovación tecnológica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentos ISO y reportes de desempeño ambiental</li> <li>• Certificaciones ISO y corporativas</li> <li>• N.E.</li> <li>• Bases de datos del tecnólogo y carpetas de proyectos</li> </ul>

FUENTE: elaboración propia con base en metodología de estudio de caso de Yin (1994).

CUADRO A4.3. Documentos requeridos para el análisis de la información

<i>Reporte tipo</i>	<i>Descripción general</i>	<i>Documento / evidencia Nhumo</i>
Informes escritos de eventos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informes de los eventos de innovación</li> <li>• Informes de mejoras en procesos</li> <li>• Buzones de ideas</li> <li>• Informes de incidentes, eventos extraordinarios</li> <li>• De programas de capacitación (relacionado con mejoras en CASH)</li> <li>• Memorias de participación en congresos, seminarios, encuentros relacionados con CASH e innovación tecnológica</li> <li>• Memorias de participación en la conformación de proyectos de normas oficiales mexicanas relacionadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carpetas de proyecto en archivo tecnológico</li> <li>• Buzón de ideas electrónico</li> <li>• Reportes SGI</li> <li>• Documentos ISO</li> <li>• Reportes de proyectos de cooperación</li> <li>• N. E.</li> </ul>
Documentos administrativos de la empresa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura</li> <li>• Organización y departamentos</li> <li>• Declaración de misión, visión, objetivos, competencias</li> <li>• Política ambiental</li> <li>• Política de innovación tecnológica</li> <li>• Catálogo de puestos y funciones</li> <li>• Catálogos técnicos de productos y procesos</li> <li>• Estrategia tecnológica-ambiental de la empresa</li> <li>• Sistema de gestión ambiental</li> <li>• Sistema de seguridad, orden y limpieza</li> <li>• Manuales de calidad, de certificaciones ambientales y de proveedores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentos ISO</li> <li>• Política ambiental Nhumo</li> <li>• N. E.</li> <li>• Documentos ISO</li> <li>• Página web</li> <li>• Documentos ISO</li> <li>• Intranet</li> <li>• Intranet, ISO</li> <li>• Manuales ISO</li> </ul>

Estudios formales previos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios de impacto ambiental</li> <li>• Monitoreos tecnológicos</li> <li>• Estudios de patentes</li> <li>• De mercado (incluido el cco-etiquetado)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios corporativos</li> <li>• N. E.</li> <li>• N. E.</li> <li>• Documentos internos</li> </ul>
Guías corporativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De CASH</li> <li>• De Responsabilidad Integral</li> <li>• De programas relacionados con la administración de la innovación tecnológica</li> <li>• De sistemas de administración del conocimiento</li> <li>• De calidad de procesos organizacionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informe Interdesc</li> <li>• Responsabilidad Integral de ANIQ</li> <li>• Proceso de PHVA (ciclo Deming)</li> <li>• Modelo de administración del conocimiento de Nhumo</li> </ul>

---

FUENTE: elaboración propia con base en metodología de estudio de caso de Yin (1994).

## ANEXO 5. Construcción de indicadores para estudio de caso

CUADRO A5.1. *Indicadores relacionados con la variable organización (firma)*

<i>Indicador</i>	<i>Evidencia a encontrar (insumo y unidad de medida)</i>	<i>Cuestionario base</i>
Estructura funcional	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cantidad de departamentos</li><li>• Divisiones de la firma</li><li>• Relaciones con otros departamentos</li><li>• Personas clave (informantes)</li><li>• Objetivos del departamento</li><li>• Funciones (perfiles)</li><li>• Relaciones entre individuos</li><li>• Buzón de innovaciones</li></ul>	1. ¿Cuál es la estructura organizacional de la compañía y qué funciones tiene cada área?
Composición	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reglas de la empresa</li><li>• Formas de coordinación</li><li>• Flujos de información</li><li>• Formas de negociación interna</li></ul>	2. ¿Cuáles son las reglas de la compañía, es decir, a quién se le informa y de qué manera?
Cultura	<ul style="list-style-type: none"><li>• Misión de la firma (departamento, unidades)</li><li>• Visión</li><li>• Metas</li><li>• Valores sociales (compartidos)</li><li>• Competencias (corporativas)</li><li>• Formas de cumplir con la misión</li></ul>	3. ¿Cuáles son los aspectos clave de la cultura de la compañía y cómo se relacionan con la tecnología y el medio ambiente, en su caso?

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivantes de pertenencia a la empresa</li> <li>• Cuidado del medio ambiente como un valor compartido en la compañía (integrado en sus competencias, misión, visión)</li> </ul>	
Estrategia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrategia tecnológica-económica-ambiental</li> <li>• Incorporación de medio ambiente en la estrategia de negocios</li> <li>• Eco-consejeros (alta dirección)</li> </ul>	4. ¿Cómo definen las diferentes estructuras de la empresa su estrategia (de negocios y tecnológica) y cuál es su relación, si la hay, con el medio ambiente?
Relaciones con el exterior <i>i)</i> Fuentes de adquisición de información tecnológica <i>ii)</i> Benchmarking <i>iii)</i> Normatividad ambiental <i>iv)</i> Relaciones institucionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eco-proveedores</li> <li>• Eco-usuarios</li> <li>• Participación en la elaboración de normas, etcétera</li> <li>• Participación en esquemas voluntarios de auditorías ambientales (industria limpia)</li> <li>• Participación con ANIQ en Responsabilidad Integral (coadyuvando a otras firmas)</li> <li>• Cumplimiento de NOM's</li> <li>• Programas sociales (comunidad y medio ambiente)</li> <li>• Políticas públicas que motivan la eco-innovación</li> </ul>	5. ¿De qué manera la empresa mantiene relaciones con agentes externos, llámense desde individuos hasta cámaras, con el objeto de "monitorear" el estado del arte tecnológico-ambiental?

---

CUADRO A5.1 (concluye)

<i>Indicador</i>	<i>Evidencia a encontrar (insumo y unidad de medida)</i>	<i>Cuestionario base</i>
Personal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad</li> <li>• Grado de escolaridad</li> <li>• Funciones</li> <li>• Tiempo de permanencia en la empresa</li> </ul>	6. ¿Cuál es el perfil del personal de la compañía y qué función desempeña?
Clientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación proveedor-usuario</li> </ul>	7. ¿Existe algún procedimiento o alguna estrategia para conocer las expectativas de los clientes?
Responsabilidad ambiental y social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conformación de programas interinstitucionales de cuidado del ambiente</li> <li>• Diseño para el medio ambiente o química verde</li> <li>• Medio ambiente presente en la cultura de la organización (políticas empresariales)</li> <li>• Tipo de respuesta otorgada a problemas ambientales de la firma y su entorno</li> <li>• Tipo de respuesta a la normatividad ambiental</li> <li>• Información del conocimiento público con impacto social</li> </ul>	8. ¿Qué hace la empresa para poder ser considerada social y ambientalmente responsable?

CUADRO A5.2. *Indicadores relacionados con la variable proceso productivo*

<i>Indicador</i>	<i>Evidencia a encontrar (insumo y unidad de medida)</i>	<i>Cuestionario base</i>
Complejidad tecnológica <i>i)</i> Layout	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planos, cartas de proceso</li> <li>• Existencia de arreglos productivos con alto desempeño ambiental</li> <li>• Disposición de las instalaciones para producción más limpia</li> </ul>	9. ¿Podría usted describir el proceso productivo de su empresa, destacando las etapas, líneas de proceso y actores más importantes, así como hacer una breve descripción de los mismos?
<i>ii)</i> Tipo de producto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen</li> <li>• Precio</li> <li>• Especificaciones técnicas</li> <li>• Composición y formulación</li> <li>• Propiedades fisicoquímicas</li> <li>• MSDS(Análisis HAZOP)</li> </ul>	
<i>iii)</i> Dinámica del PP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secuencias</li> <li>• Ritmos</li> <li>• Flujos</li> <li>• Cantidades</li> <li>• Procedimiento</li> <li>• Diagrama de flujo</li> <li>• Tipo de proceso (batch, semi, continuo)</li> <li>• Operaciones unitarias</li> </ul>	

CUADRO A5.2 (concluye)

<i>Indicador</i>	<i>Evidencia a encontrar (insumo y unidad de medida)</i>	<i>Cuestionario base</i>
Calidad total	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pertenencia a sistemas ISO</li> <li>• Uso de herramientas de control de calidad</li> <li>• Optimización de los costos de la calidad</li> <li>• Formas de cooperación para fomentar la calidad (círculos de calidad, proveedor-usuario)</li> </ul>	10. ¿Cómo se integra el sistema de calidad total en la empresa; tiene éste alguna relación con los sistemas de gestión ambiental (o está incluido en ellos)?
Control de proceso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediciones</li> <li>• Control de proceso</li> <li>• Evaluación y supervisión</li> <li>• Medidas preventivas/correctivas</li> </ul>	11. ¿De qué manera se controla el proceso, y en qué etapas se realiza? ¿Se requieren medidas preventivas y correctivas?
Aspectos medulares (puntos críticos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operaciones unitarias</li> <li>• Base de productos</li> <li>• Diferenciación de líneas de productos</li> </ul>	12. ¿Cuáles son los aspectos más importantes del proceso y que se consideran clave para el uso de este tipo de tecnología en la fabricación de los productos (y que fueron identificados desde el diseño experimental)?
Problemas productivos frecuentes (cuellos de botella)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mermas</li> <li>• Calidad de M. P.</li> <li>• Uso eficiente de energía y energéticos</li> </ul>	13. ¿Cuáles son los principales problemas que se tienen en el proceso de fabricación (y que fueron identificados desde el diseño experimental)?

Eco-eficiencia y desempeño ambiental

- Emisiones y descargas
- Control y tratamiento de influentes y efluentes
- Eco-diseño integrado (diseño para el medio ambiente, química verde, responsabilidad integral, etc.)
- Control de proceso
- Principios de gestión ambiental
- Herramientas auxiliares, preventivas, correctivas e integrales para la gestión ambiental (impacto ambiental, evaluación de alternativas, etc.
- ISO 14000
- Auditorías ambientales Profepa
- Seguridad e higiene en el trabajo

Preparativos para la producción

- i)* ingeniería industrial
- ii)* diseño industrial
- iii)* arranque de producción

Marketing para nuevos productos  
(asociado a la fabricación y procesos)

- Ingeniería industrial
- Ingeniería de detalle
- Eco-diseño y diseño para el medio ambiente
- Arranque de producción, pruebas preliminares, lotes
- Eco-etiquetado (voluntario)
- Valor de la marca
- Publicidad informativa
- Incursión en mercados ambientales
- Promoción de actividad ambiental de la empresa
- Integración de equipos de trabajo de marketing con I&D

14. ¿Cómo es el desempeño ambiental de la empresa, entendida no sólo como la prevención de la contaminación, sino como la integración de la variable medio ambiente en todas las etapas del PP?

15. ¿Cuáles son las etapas de arranque de la operación del proceso?; además, ¿cómo fue el proceso de escalamiento de la nueva línea de producción?

16. ¿Cuáles son los elementos característicos del marketing de la empresa relacionados con el desarrollo de servicios asociados al producto?

---

CUADRO A5.3. *Indicadores relacionados con la variable aprendizaje tecnológico*

<i>Indicador</i>	<i>Evidencia por encontrar (insumo y unidad de medida)</i>	<i>Indicador Nhumo</i>
Adquisición de conocimiento relevante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por proyecto, llave en mano, etcétera</li> <li>• Cantidad de proyectos eco-innovadores en proceso</li> <li>• Porcentaje de ventas</li> <li>• Número de proyectos por año</li> <li>• Asistencia a ferias, congresos</li> <li>• Monitoreo tecnológico, espionaje</li> <li>• Cooperación con institutos y universidades</li> <li>• Alianzas estratégicas</li> <li>• Proceso de I+D (técnico-económico-ambiental)</li> <li>• Reingeniería o benchmarking tecnológico</li> <li>• Sistemas de aseguramiento de calidad</li> <li>• Integración de I+D con marketing</li> <li>• Carpetas o bitácoras de desarrollo experimental</li> </ul>	17. ¿De qué manera la empresa adquiere conocimiento tecnológico ambiental relevante para iniciar nuevos proyectos o mejorar los ya existentes? ¿De qué manera realizan la I+D?, ¿en qué consiste el proceso de I+DT?, ¿cómo lo motivan?, ¿es producto de una estrategia o más bien se da de carácter fortuito?
<ul style="list-style-type: none"> <li>i) Investigación y desarrollo experimental</li> <li>ii) Construcción y prueba de prototipos</li> <li>iii) Desarrollo de software y/o simulaciones</li> </ul>		
Adquisición de tecnología desincorporada y know how	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquisición de tecnología en forma de patentes</li> <li>• Estudio de patentes para determinar la trayectoria tecnológica de productos y competidores</li> </ul>	18. ¿El sistema de propiedad industrial de la empresa ayuda a la protección de las eco-innovaciones?, ¿cuándo protegerlas?

Adquisición de tecnología incorporada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Socios tecnológicos</li> <li>• Adquisición de diseños de proceso</li> <li>• Adquisición de invenciones no patentadas en proceso</li> <li>• Adquisición de maquinaria y equipo con desempeño tecnológico-ambiental mejorado</li> <li>• Socios tecnológicos</li> <li>• Transferencia de tecnología</li> <li>• Desarrollos propios</li> <li>• Fuentes de tecnología</li> </ul>	19. ¿De qué manera se adquiere la tecnología para la empresa?
Tipo de aprendizaje tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual</li> <li>• Grupal</li> <li>• Colectivo</li> <li>• Tácito</li> <li>• Codificado</li> <li>• Codificable</li> <li>• Aprendizaje organizacional</li> <li>• Normas</li> <li>• Procedimientos</li> <li>• Métodos</li> <li>• Incentivos</li> <li>• Aprendizaje ambiental</li> </ul>	20. ¿Cuáles son los mecanismos de aprendizaje de la empresa entendidos como la forma de adquirir conocimiento relevante para los PPP?, ¿de qué manera se comunican los agentes que participan en los desarrollos?

---

CUADRO A5.4. *Indicadores relacionados con la variable tecnología (Cambio tecnológico e innovación)*

<i>Indicador</i>	<i>Evidencia por encontrar (insumo y unidad de medida)</i>	<i>Indicador Nhumo</i>
Capacidades tecnológicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estratégicas</li> <li>• Internas</li> <li>• Externas</li> <li>• Operativas rutinarias</li> <li>• Innovadoras básicas</li> <li>• Innovadoras intermedias</li> <li>• Innovadoras avanzadas</li> <li>• Existencia de recursos necesarios para generar y administrar conocimiento</li> </ul>	22. ¿Cuáles son las condiciones con las que cuenta la compañía para crear, generar y administrar sus recursos tecnológico-ambientales?
Competencias tecnológicas (core)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de eco-negocios centrales</li> <li>• Identificación de eco-innovaciones centrales</li> <li>• Formulación de eco-competencias centrales</li> <li>• Enfoque en mercados específicos (ambientales o generales)</li> </ul>	23. ¿Cuáles son las principales áreas de negocio de la compañía que le representan una ventaja única y que difícilmente puede ser imitada por sus competidores?
Administración de tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existencia de plataformas o bases de productos</li> <li>• Unidad de gestión tecnológica de la empresa</li> </ul>	24. ¿Cómo es el proceso de administración de tecnología de la compañía?

Innovación tecnológica de productos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrategia tecnológico-ambiental (sistema de administración de proyectos de innovación tecnológica)</li> <li>• Proceso de administración de ideas</li> <li>• Modelos de administración de procesos</li> <li>• Procesos de planeación estratégica</li> <li>• Fuentes de tecnología</li> <li>• Evaluación de tecnologías propias</li> <li>• Diagnóstico y prospectiva tecnológico-ambiental</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Productos tecnológicamente nuevos</li> <li>• Productos tecnológicamente mejorados</li> <li>• Uso o sustitución de nuevos materiales (eco)</li> <li>• Uso o sustitución de nuevos productos intermedios (eco)</li> <li>• Nuevas partes funcionales</li> <li>• Nuevas funciones radicales</li> <li>• Uso de nueva tecnología ambientalmente radical</li> </ul>	25. ¿Qué tipo de eco-innovaciones realiza la empresa en productos o asociadas a productos (software)?
Innovación tecnológica de procesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos tecnológicamente nuevos</li> <li>• Procesos tecnológicamente mejorados</li> <li>• Nuevas técnicas de eco-producción</li> <li>• Nuevo software asociado</li> </ul>	26. ¿Qué tipo de eco-innovaciones realiza la empresa en procesos y servicios?

---

CUADRO A5.4 (concluye)

<i>Indicador</i>	<i>Evidencia por encontrar (insumo y unidad de medida)</i>	<i>Indicador Numero</i>
Tipo de innovación tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nueva para el mundo</li> <li>• Nueva para la firma</li> <li>• Nueva para el país</li> </ul>	27. ¿Cuál es el grado de novedad de las eco-innovaciones desarrolladas?, ¿existen en el mercado mundial, nacional?, ¿son diferenciadas?
Innovación organizacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción de cambios significativos en las estructuras organizacionales</li> <li>• Implementación de sistemas administrativos tecnológico-ambientales novedosos</li> <li>• Implementación de orientaciones estratégicas corporativas nuevas o significativamente diferentes</li> </ul>	28. ¿Existen cambios organizacionales motivados por cambios en el tipo de innovaciones realizadas por la compañía?
Otros cambios en PP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios menores que no necesariamente implican novedad</li> <li>• Mejoras creativas en las que la novedad no afecta el uso u objetivo final</li> </ul>	29. ¿Qué otro tipo de mejoras se realizan cotidianamente en los PP de la empresa?
Objetivos económicos de la innovación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reemplazar procesos existentes desfasados (en su ciclo de vida)</li> <li>• Desarrollo de procesos amigables con el ambiente</li> <li>• Cuotas de mercado</li> </ul>	30. ¿Cuáles son los principales motivos que tiene la empresa para eco-innovar y mejorar su desempeño ambiental?

Ciclo de vida de proceso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexibilidad de producción</li> <li>• Disminución de costos</li> <li>• Mejorar la calidad del producto</li> <li>• Minimizar el impacto al ambiente</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etapa del eco-proceso en la fase de su ciclo de vida</li> <li>• Identificación de oportunidades de mercados ambientales</li> <li>• Reposicionamiento de mercados</li> </ul>	31. ¿Qué tipo de procesos han sido mejorados por la compañía y qué busca solucionar? Si es el caso, ¿se conoce cómo está su mercado y en qué parte de su ciclo de vida está?
Tipo de tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de tecnologías preferentemente ambientales</li> <li>• Tecnologías limpias</li> </ul>	32. ¿La empresa usa tecnologías ambientalmente preferente o qué tipo de tecnología utiliza?

---

## ANEXO 6. Factores de éxito necesarios en Nhumo para la eco-innovación (tecnológica)

<i>Factor (con base en indicadores de estudio de caso y comparados con indicadores Nhumo)</i>	<i>Fortaleza (F) Debilidad (D)</i>
Estructura funcional propicia	F
Formas de coordinación y flujos de información entre actores clave	D
Comunicaciones internas y externas	F
Integración de todas las funciones	F
Cultura organizacional que relaciona las variables tecnológicas con las de medio ambiente	F
Estructura organizacional que favorece el medio innovador	F
Compromiso de la alta dirección	F
Actitud positiva frente al cambio	F
Aceptación del riesgo por parte de la alta dirección	F
Promoción de la capacidad emprendedora	F
Calidad de la gerencia	F
Flexibilidad organizacional	F
Estrategia tecnológico-ambiental	F
Relaciones con el exterior (fuentes de información tecnológica, benchmarking, normatividad ambiental, relaciones institucionales)	F
Personal (cantidad, funciones, pertenencia a la cultura)	D
Grado de escolaridad de actores clave para la innovación (doctores y maestros)	F
Relación proveedor-cliente	F

Orientación hacia el mercado	F
Servicio a los clientes	F
Responsabilidad social y ambiental empresarial	F
Complejidad tecnológica (layout, tipo de producto, dinámica del proceso productivo)	F
Superioridad del producto	F
Orientación a la calidad y el desempeño (sistemas de gestión)	F
Control de los procesos y preparativos para la producción	F
Dominio de aspectos medulares (puntos fundamentales del proceso)	F
Eco-eficiencia y desempeño ambiental, incluyendo los principios de gestión ambiental	D
Modelo sustentable de medio ambiente	D
Marketing para nuevos productos (asociado al desarrollo e incursión en mercados diversos buscando la diversificación)	F
Adquisición de conocimiento relevante (investigación y desarrollo, construcción y prueba de prototipos, desarrollos y simulaciones, estrategia de innovación)	D
Administración de los proyectos	D
Adquisición de tecnología desincorporada y know how en el ámbito organizacional (adquisición, asimilación, administración y explotación de la tecnología, generación y estudios de patentes, vigía tecnológica)	D
Materialización a través de nuevos proyectos de innovación tecnológica	D
Velocidad de introducción de las innovaciones	F
Alianzas estratégicas que favorezcan la innovación	D
Adquisición de tecnología incorporada	D
Tipo de aprendizaje tecnológico (individual, grupal, organizacional)	D
Capacidades tecnológicas (centrales, facilitadoras, suplementarias, estratégicas, innovadoras, operativas, existencia y uso eficiente de recursos para administrar el conocimiento)	F

---

## ANEXO 6 (concluye)

<i>Factor (con base en indicadores de estudio de caso y comparados con indicadores Nhumo)</i>	<i>Fortaleza (F) Debilidad (D)</i>
Competencias tecnológicas (desarrollo de competencias)	D
Administración de tecnología	F
Innovación tecnológica de productos	D
Mejoras incrementales tecnológicas de procesos	F
Grado de novedad de las innovaciones (empresa, mercado, mundo)	F
Innovación organizacional	F
Otros cambios en productos, procesos o servicios	D
Objetivos económicos de la innovación	D
Naturaleza del mercado (riesgo)	F
Sinergias con líneas existentes	D
Estrategia de negocios a largo plazo	D
Enlaces múltiples con empresas para cooperación en construcción de capacidades	D
Ciclo de vida del proceso (riesgo)	D
Tipo de tecnología (grado de madurez de la tecnología)	F

FUENTE: elaboración propia con base en estudio de caso.

## ANEXO 7. Herramienta de auditoría tecnológica (análisis de capacidades tecnológicas) en Nhumo

---

### *Cuestionario base*

---

Las capacidades tecnológicas:

- ¿Se desarrollan desde adentro de la empresa?
- ¿Están íntimamente ligadas a una buena administración?
- ¿Proporcionan oportunidades ilimitadas de desarrollo?
- ¿Se fortalecen en un ambiente de negocios adecuado (medio innovador)?
- ¿Se benefician de otras instancias de apoyo (guías corporativas e I+D)?

Fuentes de tecnología:

- ¿Imitamos, desarrollamos o compramos?
  - ¿Realizamos monitoreo o vigía tecnológica?
  - ¿Con qué experiencia productiva en el ámbito organizacional contamos?
  - ¿La experiencia productiva ha generado formas de adquirir y generar nuevas tecnologías?
  - ¿Autogeneramos innovaciones?
  - ¿Contamos con cooperación productiva?
  - ¿Asimilamos las prácticas de terceros?
  - ¿Tenemos retroalimentación de las tecnologías exportadas a terceros?
  - ¿Los procesos referenciales nos han permitido generar nuevas tecnologías o aplicaciones de tecnología?
  - ¿Hemos construido capacidades tecnológicas?
  - ¿Cómo es nuestra capacidad de absorción de tecnología?
  - ¿Realizamos investigación y desarrollo?
  - ¿Hemos formado redes de cooperación con competidores?
  - ¿La asistencia técnica externa ha generado una memoria colectiva en la empresa?
  - ¿La asistencia técnica de la empresa ha contribuido a la memoria tecnológica colectiva?
  - ¿La investigación y/o desarrollo subcontratado ha contribuido en la generación de capacidades tecnológicas?
-

## ANEXO 7 (concluye)

---

### Cuestionario base

---

- ¿Tenemos participación en universidades, asociaciones, congresos, etc., con miras tecnológicas?
- ¿Tenemos publicaciones en los organismos pertinentes?

#### Efectos de la capacidad tecnológica:

- ¿Tenemos dominio de los mercados (precios estándares, necesidades por satisfacer)?
- ¿Tenemos dominio de los productos (especificaciones, diseño, insumos, costos)?
- ¿Tenemos dominio de los procesos de producción (equipamiento, métodos, instalaciones, utilización de la capacidad instalada)?

#### Dominio de la tecnología:

- ¿La capacidad tecnológica reside en la empresa, no fuera de ella?
- ¿Está ligada a una buena administración?
- ¿Ofrece una opción de crecimiento ilimitado?
- ¿Se facilita cuando ocurre en un clima de reconocimiento social y ambiental?
- ¿Requiere organizaciones de apoyo con dominio tecnológico?

#### Evaluación de posición tecnológica:

- ¿De qué tecnologías depende la empresa?
- ¿Cómo ha sido el desempeño en ellas?
- ¿Qué posición competitiva tenemos?
- ¿Qué cambios pueden afectarnos?
- ¿Qué fortalezas tecnológicas tenemos?
- ¿Hasta qué punto las explotamos?
- ¿Cuáles son nuestros principales activos tecnológicos?

#### Administración de tecnología:

- ¿Que tecnologías y know how son decisivas para el éxito del negocio?
- ¿En qué medida las dominamos y cómo las manejan los competidores?
- ¿Cuál es la expectativa de vida útil de tales tecnologías?
- ¿Qué otras tecnologías emergentes podrían afectarnos, que pudieran afectar la perspectiva actual del mercado?

- ¿Qué tanto aprovechamos nuestras tecnologías y capacidades tecnológicas?
- ¿Qué tanto hemos avanzado en el aprendizaje tecnológico en la firma?
- ¿La firma alcanza una explotación óptima de su tecnología?
- ¿La firma cuenta con acervos tecnológicos y se mide la efectividad en el uso de la información?
- ¿La firma cuenta con acervos tecnológicos que ya no usa pero que pueden agregar valor a otra compañía?
- ¿Se tiene un registro y retroalimentación de tecnologías “caseras” brindadas al mercado?
- ¿Se cuenta con una metodología para poner precio a una tecnología?
- ¿Contamos con un proceso de planeación de tecnología?

#### Prospectiva tecnológica básica:

- ¿Cómo cambiarán las necesidades tecnológicas?
- ¿Qué harán los competidores?
- ¿En dónde quisiéramos estar entonces?
- ¿Con qué opciones técnicas contamos?
- ¿Qué capacidades necesitamos construir?
- ¿Hacia dónde debemos enfocar nuestros recursos?

#### Prospectiva tecnológica avanzada:

- ¿Se ha explorado el futuro de campos concretos para identificar opciones de cambio y establecer entonces necesidades por satisfacer?
- ¿Se cuenta con técnicas en prospectiva como la proyección de tendencias, reflexión intuitiva, exploración o normativas?
- ¿Contamos con una herramienta explícita de planeación tecnológica que nos permita analizar y pronosticar la tecnología, el entorno, el mercado, los usuarios, la organización, y que nos permita establecer cursos de acción y selección?
- ¿El monitoreo de tecnologías nos permite identificar el estado del arte, relaciones críticas con el entorno y con otras tecnologías?
- ¿Tenemos bien identificados a los actores significativos y las fuerzas propulsoras básicas?
- ¿Hemos localizado interdependencias, variables con mayor incertidumbre y factores clave que deberán monitorearse y observarse?
- ¿Hemos imaginado las posibles trayectorias de desarrollo futuro de nuestra tecnología y propuesto recomendaciones?
- ¿Hemos construido escenarios con sus dimensiones significativas y su posible sesgo?

---

FUENTE: elaboración propia.



## Glosario

*Administración ambiental:* conjunto sistematizado de acciones que establece una empresa para el control, preparación, ejecución, registro y proyección de sus actividades y procesos, con el propósito de prevenir la contaminación ambiental y proteger y preservar los recursos naturales.

*Administración de tecnología:* uso de la capacidad de la organización para enfrentar los problemas de la empresa, generar y aprovechar oportunidades. Uso de conocimientos y experiencias previas que sean aplicables para mejorar la rentabilidad y competitividad. Capacidad de decidir libremente las opciones más convenientes.

*Apropiación de tecnología:* proceso por el que la organización establece el derecho y dominio sobre la manera específica en que desarrolla, diseña o fabrica productos, procesos o servicios (o ambos). Esta incorporación, derecho y dominio puede establecerse por medio de los procesos de protección de la propiedad intelectual, secretos industriales, convenios, adquisición de patentes y derechos de terceros. En este proceso es indispensable que exista asimilación y aplicación autónoma de la tecnología que se ha apropiado.

*Auditoría ambiental:* diagnóstico del desempeño ambiental de una instalación industrial, de un organismo de servicio o de una entidad, que ofrece alternativas de control, prevención, atención, conservación o restauración.

*Auditoría tecnológica:* proceso mediante el cual se determina la posición que guardan los productos, procesos o servicios de una empresa en relación con el estado del arte y/o los límites físicos de los mismos. Mecanismo mediante el cual se verifica que el conocimiento tecnológico que se posee se aplica de acuerdo con los parámetros o la normatividad existente.

*Buenas prácticas de operación e ingeniería:* actividades de diseño, construcción, operación o mantenimiento de un proceso para obtener óptimos resultados, cuya aplicación ha sido aceptada a lo largo del tiempo, por la ausencia de reglamentación específica.

*Calidad total:* es el acto esencialmente libre de un grupo de personas que forman parte de una organización y que deciden iniciar un largo viaje de mejoramiento constante para satisfacer cada vez más ampliamente las necesidades cambiantes de sus clientes o usuarios.

*Competitividad:* característica de una organización que le permite diferenciarse de sus competidores mediante el desempeño superior de uno o más atributos de sus procesos, productos y/o servicios.

*Contaminación:* presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

*Contaminante:* toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelos, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

*Desempeño:* optimización de recursos en función de estrategias, objetivos, etcétera.

*Desempeño ambiental:* resultados mensurables de las actividades que interactúan con el ambiente, relativos al control y prevención de la organización sobre sus impactos ambientales y de acuerdo con la legislación aplicable y con los aspectos no reglamentados, a partir de su política, objetivos y metas ambientales. Incluye aspectos de prevención y atención de emergencias para riesgos ambientales y sociales.

*Desarrollo sustentable:* proceso evaluable mediante criterios e indicadores del carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

*Eco-eficiencia:* relación que guarda el producto o servicio resultante respecto al total de las presiones ambientales generadas para producirlo. Se alcanza con la producción de bienes y servicios competitivos que satisfagan las necesidades humanas y aporten calidad de vida, mientras se reduce, progresivamente, el impacto ambiental y el uso intensivo de recursos a lo largo del ciclo de vida del producto, en un nivel, al menos, en línea con la capacidad de carga de la tierra.

*Eco-innovación:* proceso de desarrollo de nuevos productos, servicios o procesos, los cuales proporcionan valor a los clientes y al negocio, en tanto que disminuye el impacto ambiental. Lo anterior significa para la empresa el desempeño ambiental de sus marcas y el desarrollo de productos, procesos y servicios “eco-eficientes”.

*Eficiencia:* utilización óptima de recursos y relaciones con el entorno.

*Eficiencia productiva:* nivel de aptitud obtenido de la capacidad de movilizar los recursos humanos y no humanos para producir objetos o servicios en la forma y con los costos requeridos por la demanda.

*Elastómero:* compuesto químico caracterizado por tener propiedades elásticas comparables a las del caucho.

*Fuentes fijas:* todo tipo de industria, máquinas con motores de combustión, terminales y base de autobuses o ferrocarriles, aeropuertos, clubes cinagéticos y polígonos de tiro, ferias, tianguis, circos y otras semejantes.

*Fuentes móviles:* aviones, helicópteros, tranvías, tractocamiones, autobuses integrales, camiones, autobuses, motocicletas, embarcaciones, equipo y maquinaria con motores de combustión y similares.

- Hulequímicos*: compuestos que se adicionan a los hules naturales o sintéticos con el objeto de impartirles las cualidades necesarias para su conversión a productos terminados con la calidad, estabilidad y propiedades requeridas.
- Industria petroquímica*: actividad económica que tiene por objeto elaborar productos derivados del petróleo y del gas natural mediante procesos químicos o físicos.
- Impacto ambiental*: cualquier cambio en el ambiente, sea adverso o benéfico, resultante en todo o en parte de las actividades, productos y servicios de una organización.
- Indicador de desempeño ambiental*: cifra que denota la situación que guarda una instalación o proceso productivo en cuanto al cumplimiento de la normatividad y parámetros ambientales internacionales.
- Materia prima para negro de humo*: hidrocarburo de alta relación carbono-hidrógeno, indispensable para la manufactura de llantas, tintes, pinturas, tinta para piel, papel carbón, acumuladores, discos y otros.
- Material peligroso*: elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, representen un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, o biológico-infecciosas.
- Medidas correctivas*: acciones que se aplican a los equipos, actividades, procesos, programas, procedimientos, vehículos o sistemas de cualquier naturaleza de una empresa, incluyendo la instalación de equipo o la realización de obras, con el objeto de controlar, minimizar o evitar la contaminación ambiental, o de restaurar, recuperar, compensar o minimizar los daños causados al ambiente o a los recursos naturales.
- Medidas preventivas*: acciones que conjunta o separadamente se aplican a una o más actividades, procesos, programas, procedimientos, prácticas, vehículos o sistemas de cualquier naturaleza de una empresa, incluyendo la instalación de equipo o la realización de obras, con el objeto de prevenir la contaminación y los riesgos de contingencias ambientales.

*Mejora continua:* proceso de perfeccionamiento del sistema de gestión ambiental para mantener el cumplimiento de la legislación ambiental en la operación diaria de sus actividades y obtener mejoras en el desempeño ambiental conforme a la política ambiental de la organización.

*Nota:* el proceso no necesariamente se lleva a cabo de manera simultánea en todas las áreas de actividad.

*Política ambiental:* declaración documentada y comunicada en forma clara por la organización que especifica su compromiso de contribuir, en relación con su desempeño ambiental, a un medio ambiente más limpio, más sano y más seguro, incluyendo aspectos no reglamentados. Incluye disposiciones para cumplir con la legislación aplicable, compromiso de mejora continua del desempeño ambiental de prevención, haciendo hincapié en la reducción en la fuente, la disminución continua de riesgos ambientales y el compromiso de compartir información con interesados externos respecto al desempeño ambiental y en relación con los objetivos y metas del sistema.

*Prevención de la contaminación:* uso de procesos, tecnologías, prácticas, materiales o productos que eviten, reduzcan o controlen la contaminación en la fuente, incluyendo medidas como: reciclaje, tratamiento, cambios de procesos, mecanismos de control, uso eficiente de recursos y sustitución de materiales.

*Proceso productivo:* conjunto de actividades relativas a la producción, obtención, elaboración, fabricación, preparación, conservación, mezclado, acondicionamiento, envasado, manipulación, ensamblado, transporte, distribución, almacenamiento y expendio o suministro al público de productos y servicios.

*Residuos peligrosos:* todos los residuos, en cualesquier estados físicos, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

*Responsabilidad ambiental:* práctica de una organización que busca respetar el entorno ecológico en todos y cada uno de los procesos de operación y comercialización, contribuyendo a preservar el medio ambiente mediante la minimización del im-

pacto y la responsabilidad de los productos o desechos generados a lo largo de su ciclo de vida.

*Responsabilidad social:* promover e impulsar, dentro y fuera de la propia empresa, una cultura de identificación de necesidades sociales del entorno en que se opera y colaborar en su solución, impulsando su desarrollo y el mejoramiento de la calidad de vida.

*Sistema de gestión ambiental:* parte del sistema general de administración de la organización que incluye la estructura, actividades de planeación, responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos y recursos para desarrollar, implantar, realizar, revisar y mantener la política ambiental.

## Bibliografía

- AISTAC y CEDES-Golfo de México (2002), *Taller de Eco-eficiencia*, Tampico, AISTAC.
- Anastasas, P. *et al.* (eds.), (2001a), *Green chemical syntheses and processes*, Washington, American Chemical Society.
- (2001b), *Green engineering*, ACS Symposium Series 766, Washington, American Chemical Society.
- Arrhenius, S. (1896), “On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground”, *Philosophical Magazine*, 41, 237, Londres, 10 p.
- Arrow, K. (1962), “The economic implications of learning by doing”, *Review of Economical Studies*, vol. XXIX, núm. 80.
- Arvanitis, R. y D. Villavicencio (1998), “Technical learning and innovation in the chemical industry: an exercise of taxonomy”, *Science, Technology and Society*, vol. 3, núm. 1, mayo-junio, Nueva Delhi/Londres, Sage Publications.
- Barkin, D. (1999), “The greening of bussines in Mexico, documento de discusión interna”, United Nations Research Institute for Social Development (UNRISD), septiembre, 1999, Ginebra.
- Becker, R. *et al.* (1989), “Have you looked into your pool of unexploited technology lately?”, *Research-Technology Management*, mayo-junio.
- Bell, M. (1984), “Learning and the accumulation of industrial technological capacity in developing countries”, en M. Frans-

- mann y K. King, *Technological capacity of the third world*, Londres, MacMillan, pp. 138-156.
- BITAL (1999), "Evaluación de riesgos sectoriales y perspectivas", en *Análisis sectorial. Anuario 2000*, México, Dirección de Análisis y Estudios Económicos, Banco Internacional.
- (2000), "Evaluación de riesgos sectoriales y perspectivas", en *Análisis sectorial. Anuario 1999*, México, Dirección de Análisis y Estudios Económicos, Banco Internacional.
- Byers, B. (1995), "Zero discharge: a systematic approach to water reuse", *Chemical Engineering*, vol. 102, núm. 7.
- Cemefi (2001), *Responsabilidad social empresarial. Boletín Informativo*, año 2, núm. 7, México, Centro Mexicano para la Filantropía, A.C.
- Cohen, W. y D. Levinthal (1990), "Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation", *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, núm. 1.
- Conesa, V. (1997), *Los instrumentos de la gestión ambiental en la empresa*, Madrid, Mundiprensa.
- Considine, D. (1974), *Chemical and Process Technology Encyclopedia*, Nueva York, McGraw-Hill.
- Constantino, R. (1996), "Ambiente, tecnología e instituciones: el reto de un nuevo orden competitivo", *Comercio Exterior*, vol. 46, núm. 10, octubre, México, Banco Nacional de Comercio Exterior.
- Coulson, J. y J. Richardson (1964), *Chemical engineering. Fluid flow, heat transfer and mass transfer*, 2a. ed., vol. 1, Nueva York, Macmillan Company.
- DaimlerChrysler (2001), "Sistemas de administración ambiental-narrativo", *DaimlerChrysler EEMS Internal Auditor Training*, DaimlerChrysler Business Proprietary.
- Dasgupta, S. et al. (1997), *What improves environmental performance? Evidence from Mexican Industry*, Washington, World Bank).
- Dalton, J. (1805), "Experimental enquiry into the proportion of the several gases or elastic fluids, constituting the atmosphere", *Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester*, 1, pp. 244-258, Manchester.

- Davis, J. (1988), "New product success and failure: three case studies", *Industrial Marketing Management*, 17, pp. 103-107.
- Derry, T. y T. Williams (1983), *Historia de la tecnología*, vol. 3, cap. 18; vol. 4, cap. 11, México, Siglo XXI.
- Dodgson, M. (1993), "Organizational learning: a review of some literatures", *Organizational Studies*, vol. 14, núm. 3, pp. 375-394.
- Dosi, G. (1982), "Technological paradigms and technological trajectories", *Research Policy*, 11, pp. 147-162.
- Dutrénit, G. (2000), *Learning and knowledge management in the firm: from knowledge accumulation to strategic capabilities*, Cheltenham, Edward Elgar.
- Dutrénit, G. y A. Vera-cruz (2001), "Aprendizaje, conocimiento y capacidades tecnológicas", documento de trabajo, UAM-Xochimilco.
- Edquist, C. (1997), *Systems of innovation: technologies, institutions and organizations*, Londres, Pinter Publishers.
- EIRMA, Association Européenne pour l'Administration de la Recherche Industrielle (1996), "Management summary: organizing the company-customer interface for effective innovation", *Report of EIRMA working group 49*, París.
- Erickson, J. (1990), "Managing technology as a business strategy", *Sloan Management Review*, primavera, pp. 73-78.
- (1993), *Un mundo desequilibrado, la contaminación de nuestro planeta*, Madrid, McGraw-Hill, pp. 14-15.
- Este País. Tendencias y Opiniones* (2000), "Desarrollo sostenible, un reto importante que México aún debe enfrentar", núm. 116, noviembre, 2000, pp. 50-56.
- Faraday, M. (1855), "Observations on the filth on the Thames", carta al editor, *Times*, 7 de julio, Londres.
- Farina, G. y M. Fontana (1993), "Cogeneration refinery for total residue destruction", *Hydrocarbon Processing*, noviembre, pp. 52-56.
- Ford, D. (1988), "Develop your technology strategy", *Long Range Planning*, vol. 21, núm. 5, pp. 85-95.
- Fransmann, M. (1994), "Information, knowledge, vision and theories of the firm", *Industrial and Corporate Change*, vol. 3, núm. 3, Londres, pp. 712-757.

- Fussler, C. y P. James (1998), *Eco-innovación*, Madrid, Mundi-prensa.
- García-John, R. (2000), *Exporting environmentalism: U.S. multinational chemical corporations in Brazil an Mexico*, Cambridge, MIT Press.
- González, C. (1996), *Calidad total*, México, McGraw-Hill.
- Haurie, A. et al. (1996), *Gestion de l'environnement et entreprise*, Lausana, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- IMIQ (1995), "Visión IMIQ: la industria petroquímica mexicana del futuro", *Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos*, México, IMIQ.
- INEGI (2000a), *Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México (SCEEM), periodo 1993-1999*, Aguascalientes, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- (2000b), *La industria química en México*, edición 1999, Aguascalientes, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- International Carbon Black Association (ICBA) (1999), *Carbon Black User's Guide*, Woverhampton ([www.cabot-corp.com/cws/Corporate.nsf/CWSID](http://www.cabot-corp.com/cws/Corporate.nsf/CWSID)).
- Jenkins, R. (ed.) (2001), "Introduction", *Industry and environment in Latin America*, Londres, Routledge, pp. 1-12.
- Jonne, F. y P. Snelson (1988), *Success factors in product innovation: a selective review of literature*, Research Technology and Management. Industrial Research Institute.
- Kent, J. (ed.) (1992), *Riegel's Handbook of Industrial Chemistry*, 9a. ed., Nueva York, Van Nostrand Reinhold.
- Kirk, R. y D. Othmer (1962), *Enciclopedia de Tecnología Química*, t. XI, México, UTEHA.
- Landau, R. y A. Arora (1999), "The chemical industry: from 1850s until today", *Bussines Economics*, vol. 34, Washington, octubre, pp. 7-15.
- Leonard-Barton, D. (1992), "Core capabilities and core rigidities: a paradox in managing new product development", *Strategic Management Journal*, núm. 13.

- (1995), *Wellsprings of knowledge*, Boston, Harvard Business School Press.
- Livensay, H. *et al.* (1989), "From experience: technical development and the innovation process", *Product Innovation Management*, núm. 8, pp. 268-281.
- Loyola, J. y M. Schettino (1994), *Estrategia empresarial en una economía global*, Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas, México, Ibero América, pp. 177-181.
- Lundvall, B. (1992), "Introduction", *National innovations systems: towards a theory of innovation and interactive learning*, Londres, Pinter Publishers, pp. 1-2.
- Medellín, E. (1994), "Actividades de gestión tecnológica en diez casos de innovación", en Sbragia *et al.*, *Gestão de Inovação tecnológica. Anais do XVIII Simpósio de Gestão de Inovação Tecnológica*, vol. II, São Paulo, pp. 1002-1018.
- Micheli, J. (2000), "Fin de siglo: construcción del mercado ambiental global", *Comercio Exterior*, vol. 50, núm. 3, marzo, México, Banco Nacional de Comercio Exterior.
- Miyazaki, K. (1994), "Search, learning and acumulation of technological competencies: the case of optoelectronics", *Industrial and Corporate Change*, vol. 3, núm. 3.
- Nathanson, J. (1997), *Basic environmental technology*, New Jersey, Prentice Hall, pp. 1-19.
- Nelson, R. (1993), *National innovation systems: a comparative analysis*, Nueva York, Oxford University Press.
- (1995), "Recent evolutionary theorizing about economic change", *Journal of Economic Literature*, vol. XXXIII, marzo, pp. 48-90.
- Nonaka, I. y H. Takeuchi, (1995), *The knowledge creating company*, Nueva York, Oxford University Press.
- November, A. (1995), "Analyse du processus d'apprentissage écologique des entreprises suisses", en A. Haurie *et al.* (1996), *Gestion de l'environnement et entreprise*, Lausana, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- OECD (1995), *Oslo Manual: the measurement of scientific and technological activities*, París, OCDE.

- (1999a), “Environmental policies: technological effects”, en *Technology and environment: towards policy integration*, París, OCDE.
- (1999b), “Public/private partnership for developing environmental technologies”, en *Technology and environment: towards policy integration*, París, OCDE.
- (1999c), “Government programmes for difusing environmental technologies”, en *Technology and environment: towards policy integration*, París, OCDE.
- (2001a), *Encouraging environmental management in industry*, París, OCDE.
- (2000b), “Greener public purchasing: issues and practical solutions”, París, OCDE.
- (2001c), “Enhancing the environment for business and industry”, *Policy brief*, París, OCDE.
- Oropeza, R. y M. Coronado (1995), “Las nuevas normas ISO 14000 y la contaminación”, *Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos*, México, IMIQ.
- Pearson, A. (1990), “Innovation strategy”, *Technovation*, vol. 10, núm. 3, pp. 185-192.
- Pérez, A. (1984), *Entorno en equilibrio*, Toluca, México, Centro Toluqueño de Escritores (Colección Tolotzin).
- Pérez, C. (1996), “La modernización industrial en América Latina y la herencia de la sustitución de importaciones”, *Lecturas sobre el Sector Externo IV, Comercio Exterior*, vol. 46, núm. 5, mayo, México, Banco Nacional de Comercio Exterior.
- Perry Johnson de México (1996), *Normas de sistemas de gestión ambiental ISO 14000*, Garza García, Nuevo León, Perry Johnson de México.
- Phillips, E. y D. Pugh (1994), *How to get a PhD: a handbook for students and their supervisors*, Bristol, Open University Press.
- Prahalad, C. y G. Hamel (1990), “The core competencies of the corporation”, *Harvard Business Review*, vol. 68, núm. 3, mayo-junio.
- Profepa (2002), *Programa Nacional de Auditoría Ambiental*, México, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

- Roberts, E. (1995), "Benchmarking the strategic management of technology I, II", *Industrial Research Institute*, U.E.
- Rosenberg, N. (1976), "Technology and the environment: an economic exploration", *Perspectives on Technology*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 213-228.
- Rothwell, R. (1994), "Industrial innovation: success, strategy, trends", en M. Dogson y R. Rothwell, *The Handbook of Industrial Innovation*, pp. 33-53.
- Roussell, P. et al. (1991), *Tercera generación de I+D: su integración en la estrategia de negocio*, Madrid, McGraw-Hill.
- Ruffier, J. (1996), *L'efficiencia productiva: comment marchent les usines*, Lyon, CNRS Éditions.
- Ruttan, V. (1959), "Usher y Shumpeter en la invención, la innovación y el cambio tecnológico", en N. Rosenberg (ed.), *Economía del cambio tecnológico*, México, FCE, pp. 66-77.
- Simon, H. (1996), "Bounded rationality and organizational learning", en Cohen y Sproull (eds.), *Organizational learning*, California, Sage Publications.
- Singer, C. et al. (1975), *A history of technology*, vol. IV, Londres, Oxford University Press, pp. 231-257.
- Solís, L. y D. Labra (1996), *Apuntes y problemas de balance de materia y energía*, Toluca, México, Facultad de Química, UAEM.
- Soto, R. (1997), "Tecnología, economía y desarrollo sustentable, nuevo paradigma", *Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos*, México, IMIQ.
- Stillman, H. (1997), "How ABB decides on the right technology investments", *Industrial Research Institute*, U.E.
- TUV Latinoamérica (1999), *Sistemas de administración ambiental ISO 14001*, México, TUV Latinoamérica Servicios Ambientales.
- Unger, K. (1994), "Ajuste estructural y estrategias empresariales en México", *Las industrias petroquímicas y de máquinas herramientas*, México, CIDE.
- Utterback, J. y W. Abernathy (1975), "A dynamic model of process and product innovation", *The Economics of Innovation*, 3:6, Omega, pp. 639-656.

- Vázquez, G. (1993), *Ecología y formación ambiental*, México, McGraw-Hill, pp. 5-8.
- Vergara, J. (1985), "Schumpeter: la innovación y el desarrollo económico", *Ensayos económicos sobre la innovación tecnológica*, cap. 3, México, Alianza Editorial, pp. 145-162.
- Villavicencio, D. (1993), ¿Qué entendemos por aprendizaje tecnológico?, *Tecnoindustria*, núm. 11, México, p. 22-28.
- Villavicencio, D. et al. (1995), "Aprendizaje tecnológico en la industria química mexicana", *Perfiles Latinoamericanos 7, Innovación-Producción*, año 4, núm. 7, México, Flacso, pp. 121-145.
- Villavicencio, D. y R. Arvanitis (1994), "Transferencia de tecnología y aprendizaje tecnológico: reflexiones basadas en trabajos empíricos", *El Trimestre Económico*, vol. LXI (2), núm. 242, abril-junio, pp. 257-279.
- Villavicencio, D. y M. Salinas (2002), "La gestión del conocimiento productivo: las normas ISO y los sistemas de aseguramiento de calidad", *La Economía del Conocimiento*, vol. 52, núm. 6, junio, 2002, México, Comercio Exterior.
- Withman, C. (1989), "Managing technology development: perspectives of a practitioner", *Technovation*, núm. 9. pp. 551-560.
- Yin, R. (1994), *Case study research: design and methods*, Londres, Sage Publications.

### Principales sitios web consultados:

[www.aniq.org.mx](http://www.aniq.org.mx)  
[www.cabot-corp.com](http://www.cabot-corp.com)  
[www.cmpl.ipn.mx](http://www.cmpl.ipn.mx)  
[www.desc.com.mx](http://www.desc.com.mx)  
[www.epa.gov](http://www.epa.gov)  
[www.girsa.com.mx](http://www.girsa.com.mx)  
[www.nhumo.com.mx](http://www.nhumo.com.mx)

[www.oecd.org](http://www.oecd.org)

[www.profepa.gob.mx](http://www.profepa.gob.mx)

[www.tecnologíaycalidad.galeon.com/tecnologia](http://www.tecnologíaycalidad.galeon.com/tecnologia)

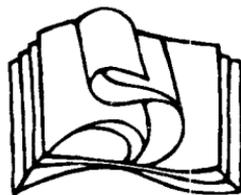
[www.unilever.com/environment/Eco-innovation.htm](http://www.unilever.com/environment/Eco-innovation.htm)

*Innovación tecnológica y ambiente:  
la industria química en México*

se terminó de imprimir en noviembre de 2003  
en los talleres de Sans Serif Editores, SA de CV,  
Leonardo da Vinci 199, col. Mixcoac, 03910 México, D.F.,  
tel. 5611 37 30, telfax 5611 37 37.

La edición consta de 1 000 ejemplares  
más sobrantes para reposición.

La composición tipográfica, el diseño, la producción  
y el cuidado editorial estuvieron a cargo  
de Sans Serif Editores.



De los pliegues  
de la escritura  
a los pliegos  
de la encuadernación.

serifed © prodigy.net.mx



**D**e unos años para acá, términos como innovación, tecnología, cambio tecnológico y ambiente se encuentran lo mismo en el argot de la industria que en el de la academia. En los países industrializados la discusión se ha centrado en la premisa de que la tecnología puede representar una solución sostenible ante los problemas ambientales del planeta. Eco-innovación y eco-eficiencia son las propuestas más acordes con las capacidades tecnológicas de aquellos grupos empresariales mexicanos que buscan consolidarse en el ámbito mundial. *Innovación tecnológica y ambiente* presenta como botón de muestra el caso de una empresa química mexicana que ha sabido armonizar las variables tecnológicas y productivas con las ambientales.

Fernando Javier Díaz López estudia el doctorado en estudios de desarrollo en la Universidad de East Anglia del Reino Unido. Es ingeniero químico y maestro en economía y gestión del cambio tecnológico. Ganador del Premio Estatal de la Juventud 2002 al mérito académico en el Estado de México y acreedor a la Medalla al Mérito Universitario 2003 de la UAM-X, Díaz López es un investigador interesado en temas relacionados con la política ambiental y tecnológica, así como en la innovación en la industria manufacturera latinoamericana.

ISBN 970310225-5

