

IDRC-LIB
25080

II Seminario Metodológico sobre Ciencia y Tecnología

Bogotá, Abril de 1.972

Visión Latinoamericana Sobre Ciencia y tecnología en el Desarrollo

*Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas
y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas"*

COLCIENCIAS

TOMO. II

25150



Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, OEA

ARCHIV
A 1
no. 310

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
PRESENTACION, por Milcíades Chaves	1
FORMACION RECURSOS HUMANOS PARA CIENCIA Y TECNOLOGIA, Por Universidad del Salvador	5
<i>Introducción</i>	7
Objetivos, límites y partes del documento	7
Caracterización del personal requerido	8
Educación y formación	12
Enseñanza y aprendizaje sistemáticos	13
Papel de la Educación Superior	21
Articulación con el nivel medio	23
Orientación y transferencia	25
Post-grado	26
Pedagogía Universitaria	26
Regímenes profesionales y sistemas externos	27
Ciencia, sociedad y educación	28
Educación asistemática y medios de comunicación de masas	29
<i>Situación General</i>	31
Análisis cuantitativo. Tendencias de la matrícula de graduados	33
Análisis cualitativo, con referencia específica al tipo de formación y métodos de enseñanza	41
Formación de investigadores, actividades de investigación	44
METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE REQUERIMIENTOS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO: UN ESTUDIO PILOTO, por Comité de Investigaciones Tecnológicas (CORFO)	45
<i>Introducción</i>	47
<i>Resumen y Conclusiones</i>	49
Fundamentos teóricos	49
Etapas del modelo teórico propuesto	49
Elección del sector y de los grupos industriales a estudiar	49

12/11/11
6-11-11
SS
E

Análisis de la situación tecnológica externa	50
Análisis de las firmas	50
Análisis del comportamiento del empresario	51
Análisis de la evolución futura de cada firma	51
Análisis de las actividades científicas y tecnológicas	51
Determinación de cambios tecnológicos posibles de acuerdo a la evolución futura	51
Cambios tecnológicos totales para el grupo	51
Evaluación de la factibilidad y conveniencias de la I y D	51
Estimación de los requerimientos totales de I y D a partir de los proyectos que sean convenientes	51
 <i>Descripción del Esquema Teórico</i>	 55
Antecedentes	55
Fundamentos teóricos	56
Etapas del esquema teórico propuesto	58
Elección del sector y de los grupos	58
Análisis del grupo y política de gobierno	58
Análisis de la situación tecnológica externa	59
Análisis de las firmas	60
Análisis del comportamiento del empresario	62
Análisis de la evolución futura de cada firma	62
Análisis de las actividades científicas y tecnológicas	63
Determinación de cambios tecnológicos posibles de acuerdo a la evolución futura	64
Cambios tecnológicos totales para el grupo	64
Evaluación de factibilidad y conveniencia de la I y D en los cambios tecnológicos	64
Estimación de requerimientos totales para el grupo de estudio	65
 <i>Descripción del trabajo realizado</i>	 67
Antecedentes	68
Grupos industriales a estudiar	69
Análisis macroeconómico	70
Productos de Molinería	71
Descripción general	71
Mano de obra	73

Comercialización de materia prima y productos	73
Metas de gobierno	74
Productos de Panadería	75
Descripción general	75
Distribución de panadería para la provincia de San- tiago por tamaño	76-77
Pastas alimenticias	78
Productos de galletería	78
Almientos formulados	79
Síntesis de la etapa	79
Descripción y evaluación de las técnicas empleadas .	80
Análisis tecnológico	81
Productos de molinería	81
Descripción del proceso de molienda	81
Recepción	82
Antelimpia	82
Almacenamiento de trigo sucio	83
Limpia	83
Molienda	83
Bancos de cilindros	83
Cernido	85
Sasaje	85
Embasado y almacenamiento del producto terminado	86
Tendencias mundiales	86
Estandarización del trigo enviado a molienda	86
Transporte neumático	86
Molienda por impacto	87
Clasificación por aire	87
Instrumental para efectuar control de calidad	87
Irradiación para eliminar pestes	87
Diagrama de molienda	88
Tendencias nacionales	88
Productos de Panadería	90
Utilización de otros granos	91
Otras materias primas	91
Sal común	92
Agua	92
Productos de malta	93
Productos lácteos	93
Azúcar ingredientes mejorados	94

Materias grasas comestibles	94
Decoloración y tratamiento con mejoradores químicos o métodos físicos	95
Fermentación	95
Cocción del pan. Hornos	96
Tecnología Mundial	97
Acondicionamiento mecánico de la masa de panifi- cación	97
Proceso Chorleywood	98
Sistema Do - maker (Baker 1953)	99
Sistema Amflow (continuo)	99
Tendencias mundiales en panaderías	100
Situación tecnológica nacional	100
Materias primas	101
Semolina	101
Cenizas	101
Agua	102
Huevos	103
Otros productos	103
Tipos de productos	103
Pastas estruídas	103
Proceso de producción tecnologías en uso	104
Secado	104
Pastas largas	105
Pastas cortas	107
Estado Nacional de la Tecnología	108
Productos de galletería	108
Formulación y métodos de producción	108
Ingredientes y sus funciones	108
Tamaño de galleta	109
Tipos de galletas	109
Manejo industrial	110
Operaciones de mezcla y pre-mezcla	110
Moldeado	111
Hornos	111
Materias primas	111
Harinas	111

Edulcorantes	112
Mantecas y emulsificadores	113
Productos lácteos	114
Huevos	114
Agentes leudantes	115
Frutas y nueces	116
Ingredientes menores	116
Alimentos formulados	118
Alimentos formulados lácteos de uso infantil	118
Tipos y características de algunos alimentos infantiles	118
Leche entera	119
Leche semi-descremada	120
Leche evaporada	120
Leches humanizadas	121
Leches especiales	123
Alimentos infantiles sustituidos de la leche	124
Tendencias mundiales	124
Alimentos formulados desarrollados en USA	124
Fórmula N° 1	
Suplemento alimenticio infantil (Ceplapro)	125
Fórmula N° 2	
Suplemento alimenticio infantil (CSM)	126
Productos del programa de alimentos ricos en proteínas de FAO - OMS - UNICEF	127
Argelia	127
Desarrollo y producción de alimentos ricos en proteínas en Sud-Africa	129
Alimentos para lactantes en Etiopía: FAFFA	130
Icoparina	130
Peruvita	131
Alimentos formulados infantiles en la India	131
Realidad Nacional	
Síntesis de la Etapa	132
Evaluación crítica de las técnicas empleadas	133
Análisis Microeconómico	134
Análisis de costos	134
Producto de molinería	134
Comparación de costos a precio de mercado ...	134
Comporación del costo de molinería a precios	

sociales	138
Productos de Panadería	139
Costos a precios de mercado	139
Determinación directa de problemas específicos a nivel de firma	145
Evaluación Crítica de las Técnicas Empleadas	146
Análisis de costos y productividades	146
Evaluación de la encuesta	147
Determinación de problemas tecnológicos	149
Métodos seguidos para determinar problemas tec- nológicos	149
Del análisis macro-económico	150
Molinos	150
Panaderías	150
Pastas	150
Galletería	150
Alimentos formulados	151
Del análisis tecnológico a nivel mundial	151
Molinos	151
Panaderías	151
Fideos, galletas, alimentos formulados	151
Del análisis tecnológico a nivel nacional	152
Del análisis micro-económico	152
Evaluación del sistema científico y tecnológico, cuyas ac- tividades se orientan al campo de los productos derivados del trigo	155
Problemas tecnológicos detectados	158
Del estudio macroeconómico	158
Gran variación de la calidad de harinas de un molino a otro	160
Los productos de las unidades encuestadas son de bajo contenido proteico	161
Del análisis tecnológico	161
Bajo uso de los sistemas de transporte a granel de trigo y harinas	161
Baja capacidad de secado en los molinos que lo re- quieren	161
Del análisis micro-económico	162
Del análisis macro-económico	163

Mala calidad del pan, reflejada en su poca duración, falta de homogeneidad y bajo valor nutritivo	164
Del análisis tecnológico	164
No hay transporte a granel ni neumático	164
Procesos discontinuos y manuales	164
Lo que incide en la higiene y calidad de los productos	164
Del análisis microeconómico	164
Falta de preparación técnica del personal	165
Control de calidad de materias primas y productos	165
Bodegas inadecuadas y poco higiénicas	165
Problemas de higiene en todo el proceso	165
Fideos y galletas	165
Del análisis macro-económico	165
Del análisis tecnológico	166
Del análisis microeconómico	166
Dependencia externa	166
Cuellos de botella en empaque	166
Alimentos formulados	166
Del análisis macroeconómico	166
Procesos anticuados	166
Cuellos de botella en empaque	167
Problemas generales del sector	167
Poca preocupación por la higiene industrial ..	167
Carencia de control de calidad	167
Dependencia tecnológica externa	167
Selección y evaluación de proyectos	169
Evaluación de proyectos	170
Proyecto	170
Justificación social del proyecto	171
Justificación económica	171
Ingresos	171
Volúmen de mercado	171
Mercado institucional	171
Mercado doméstico	173
Precio social	174
Egresos	176
Gastos de desarrollo	176
Tecnología de alimentos	176
Gastos de fabricación	176
Capital de explotación en 1972	177

Gastos corrientes	178
Proyecto	180
Mercado	180
Hipótesis	180
Demanda de materias primas	184
Fuente: Plan de desarrollo agropecuario	186
Gastos de investigación y desarrollo	186
Inversiones necesarias	187
Cálculo de los gastos	187
Fabricación	188

Discusión Metodológica

Análisis macroeconómico	195
Número, tamaño y localización de las empresas	195
Uso de la capacidad instalada, proyecciones de oferta y demanda, comercio exterior	195
Análisis de la situación legislativa laboral, financiera y organizativa	196
Mano de obra empleada, vinculaciones sectoriales	196
Análisis de las metas de gobierno	196
Análisis tecnológico	196
Determinación de las etapas generales	196
Caracterización del tipo de tecnología usada en el país	196
Caracterización de las principales tecnologías en uso en el mundo	196
Análisis Microeconómico	196
Elección de las industrias y visitas	196
Identificación de Problemas	198
Evaluación del sistema científico y tecnológico	198
Selección y evaluación de Proyectos de I y D	199

<i>Anexo I - Prospección Preliminar</i>	203
Metodología	203
Las entrevistas	203
El análisis	205
Características de las empresas entrevistadas	206
Características económicas	206
Características empresariales	206
Características técnicas	207

Condiciones sanitarias	209
Aspectos institucionales y legales	210
Sistemas de información técnica	210
Posibilidad de cambios técnicos	211
Resultados generales	211
Innovaciones mayores	211
Enriquecimiento proteico de los productos	213
Diseño y desarrollo de equipos industriales	213
Cambios técnicos menores	214
Labores de educación	215
Labores de asistencia técnica	215
Conclusiones	216
Cuadro I Receptividad	217
Cuadro II. Datos respecto a los empresarios entrevistados	217
Cuadro III. Características económicas de la empresa	217
Cuadro IV. Orientación predominante de actividad empre	218
sarial	218
Cuadro V. Características de las prácticas técnicas usadas	218
<i>Anexo II - Fuentes suplementarias ricas en proteínas</i>	219
Proteínas de oleaginosas	219
Soya	210
Uso alimenticio de la soya	221
Preparación de harina entera de soya	221
Proteínas de algodón	222
Concentrados y aislados proteicos	223
Proteínas de maní	223
Proteínas de maravilla y Raps	224
Proteínas unicelulares (Puc)	225
Proteínas de Algas	226
Concentrado proteico de pescado (CPP)	227
Métodos químicos	228
Métodos biológicos	228
Mejoramiento genético de la calidad nutricional de	229
los cultivos	229
<i>Anexo III</i>	
Hipótesis generales para el sector	231
Entorno económico, técnico, político y social	231
Recursos humanos de nivel gerencial y técnico	232

Establecimiento de objetivos y estrategia	233
Hipótesis de trabajos específicos por subsector	233
Molinería	233
Panadería	233
Galletería	234
Alimentos formulados	234
Fideos	235
<i>Anexo IV - Confidencial. Guía para entrevistas al gerente y la planta de las empresas de la industria de molinos, panaderías, pastas, galletas y alimentos formulados; por Instituto Tecnológico de Chile</i>	237
Descripción y analítica del perfil de la producción	246-47
Entrevista al gerente	248
<i>Anexo V - Listado de problemas y características de sus posibles soluciones</i>	260
Problemas del estudio macroeconómico	260
Molinos	260
Panaderías	260
Alimentos formulados	261
Problemas del análisis tecnológico a nivel nacional	262
Molinos	262
Panaderías	262
Alimentos formulados	263
<i>Anexo VI - Estudio</i>	269
Instituciones de gobierno	269
Institución universitaria	269
Instituciones privadas	269
<i>Anexo VII - Cuestionario que proporciona los datos para seleccionar los proyectos a evaluar</i>	287
LA INDUSTRIA ELECTRONICA ARGENTINA Y CAMBIO TECNICO; por Alberto Petrecolla, Julio Nogués, Roberto Zubieta, Héctor Abrales	291
<i>Introducción y Conclusiones</i>	292

METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LA DEMANDA EN CIENCIA Y TECNOLOGIA A NIVEL REGIONAL, por Enrique Amadasi y Juan Llach	301
<i>Objetivos del trabajo</i>	302
<i>Recolección de información</i>	303
<i>Una probable alternativa metodológica</i>	304
Operacionalización de los criterios	305
Reducción de marginalidad	305
Criterio	306
Dependencia tecnológica	306
Atraso tecnológico del sector	306
Productividad prevista del sector	306
Crítica de los criterios	307
<i>Un ejemplo: El plan nacional de desarrollo y seguridad</i>	309
Criterios generales	310
Análisis sectorial	314
CAMBIO TECNOLOGICO EN LA INDUSTRIA LECHERA ARGENTINA; por Federico J. Herschel, Julio Nogues, Vicente Casares, Enrique Rotstein	317
<i>Resumen y conclusiones del Trabajo</i>	318
Objetivo del estudio y definición de cambio tecnológico (Capítulo 0 - Introducción)	318
Características de la industria láctea (Capítulo I)	319
La estimulación del cambio tecnológico en el pasado reciente (Capítulo II)	320
Análisis de diferencias de productividad (Capítulo III)	320
Las innovaciones principales de la Industria (Capítulo IV)	322
Estructura y dinámica de las actividades de investigación y desarrollo en la industria láctea en relación con la estrategia tecnológica (Capítulo V)	322
Estado actual de la tecnología y práctica óptima en la industria (Capítulo VI)	324
POLITICAS TECNOLOGICAS PARA EL DESARROLLLO LATINO-AMERICANO. (Versión Preliminar); por Ignacy Sachs	341
<i>El por qué de las políticas tecnológicas</i>	343
<i>La adaptación de la PT a la estrategia del desarrollo</i>	345
<i>Guías para el estudio del mercado tecnológico</i>	350

<i>Transferencia de tecnología, su eficiencia y su costo</i>	353
<i>La provisión de tecnología a la agricultura</i>	358
<i>La demanda efectiva de tecnologías</i>	359
<i>Modelo de la estructura institucional destinada a la PT y elección de controles operativos</i>	364
<i>Apéndice 1. La Función de las Patentes</i>	375
<i>Apéndice 2. La revolución verde y el potencial de ocupación</i>	377
<i>Opiniones divergentes acerca del caso de la India</i>	377
<i>Apéndice 3. Razones para imponer regulaciones directas a la inversión y al comercio exterior e indirectas a la línea de precios en una economía mixta</i>	383
<i>Precio de una economía mixta</i>	383
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA PRIORIDADES DE INVESTIGACION EN AMERICA LATINA; por Ignacy Sachs	393
<i>Observaciones preliminares</i>	395
<i>Criterios para evaluación de la investigación orientada hacia el desarrollo</i>	397
<i>Algunas áreas de prioridad para la investigación orientada hacia el desarrollo</i>	399
<i>Métodos de producción de mano de obra intensiva en la industria</i>	399
<i>Agricultura tropical de mano de obra intensiva</i>	400
<i>Industria basada en recursos</i>	401
<i>Construcción, vivienda, obras públicas</i>	402
<i>Investigación socialmente orientada</i>	404
<i>Estrategias de investigación</i>	405
<i>Argumentos a favor de la cooperación internacional</i>	407
EMPRESAS Y FABRICAS DE TECNOLOGIA, por Jorge A. Sábato	419 ✓
<i>Introducción</i>	421
<i>Producción de tecnología</i>	422
<i>Fábricas y laboratorios</i>	425
<i>Tipos de empresas y fábricas</i>	433
<i>Una empresa de tecnología para la industria eléctrica</i> ..	445
UN ENFOQUE PARA EL DIAGNOSTICO DE LA SITUACION CIENTIFICO - TECNOLOGICA A NIVEL NACIONAL - ESTUDIO DEL	

CASO COLOMBIANO; por Juan Carlos Gamba, Pedro José Amaya P., y Milcíades Chaves Ch.	455
<i>Introducción</i>	457
Modelo del Análisis	457
Estudio del caso colombiano	462
Análisis macroscópico de los objetivos de crecimiento ..	462
Análisis detallado de la ID en sectores económicos	470
La ID en la industria manufacturera	470
La ID en el sector "otros servicios"	474
Conclusiones	479
<i>Anexo estadístico</i>	483
Colombia datos estadísticos diversos - Cuadro 1-4	484-87

PROBLEMATICA DE LA TECNOLOGIA DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL SERVICIO PUBLICO DEL EMPLEO EN MEXICO; por Víctor Ramírez Izquierdo	489
<i>Anexo A - Demanda de la mano de obra</i>	499

HACIA UN NUEVO ENFOQUE PARA LA PLANIFICACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA; por Francisco R. Sagasti	503
<i>Introducción</i>	504
<i>El concepto de planificación usado en el presente trabajo</i> ..	505
<i>Principios para la planificación científica y tecnológica en países sub-desarrollados</i>	508
La planificación para el desarrollo de la ciencia y tecnología debe ser continua	508
La planificación para el desarrollo científico y tecnológico debe ser participativa	509
La planificación para el desarrollo científico y tecnológico debe ser integrada en otras actividades de planificación	509
La planificación para el desarrollo científico y tecnológico debe ser coordinada y tener coherencia interna	510
La planificación para el desarrollo de la ciencia y la tecnología debería ser experimental y adoptativa	510
<i>Las Categorías de Decisiones por anticipado involucradas en la planificación científica y tecnológica</i>	511
<i>Cuadro I - Características de las diferentes categorías de la planificación</i>	513
<i>Cuadro II. Relaciones entre los principios y las categorías de planificación</i>	515
<i>Planificación estilística</i>	518

<i>Planificación contextual</i>	522
<i>Planificación institucional</i>	524
<i>Planificación de actividades</i>	527
<i>Planificación de recursos</i>	532
<i>Resumen</i>	535

BASES CONCEPTUALES METODOLOGICAS PARA LA FORMULACION DE UN NUEVO ENFOQUE EN EL DESARROLLO Y UTILIZACION DE LOS RECURSOS HUMANOS, por Alberto Alvarado, Ignacio Valera, Fernando Chaparro 541

<i>Introducción</i>	542
<i>Discusión sobre la formación del hombre</i>	545
Enfoque economicista	546
Enfoque sociologista	546
Enfoque pedagógico	548
La imagen del desarrollo implícita en los anteriores enfoques	549
<i>Discusión sobre el desarrollo de Colombia</i>	555
La imagen colombiana de desarrollo	558
Viabilidad y deseabilidad del desarrollo colombiano ...	568
Viabilidad	568
Deseabilidad	574
Sobre la puesta en marcha del desarrollo	576
<i>Discusión metodológica</i>	576
Introducción	578
El análisis de los recursos humanos en ciencia y tecnología	581
Estudios de recursos humanos para el desarrollo científico y tecnológico	583
<i>Análisis de la Utilización del personal científico y técnico</i> ..	583
Distribución y utilización actual del personal científico y técnico	585
Nivel de formación y relación entre formación y ocupación del personal científico y técnico	587
Formación de desaprovechamiento del personal científico y técnico	590
Nivel o intensidad de utilización del personal científico y técnico	592
Factores que inciden en la capacidad y productividad del personal científico y técnico	592

<i>Nuevos requerimientos ocupacionales o roles ocupacionales</i> .	593
<i>Consideraciones finales</i>	595

LOS ESTUDIOS DE TRANSFERENCIA Y DIFUSION DE TECNOLOGIA EN COLOMBIA, por Héctor Botero, Luis Javier Jaramillo y Jairo Serna	597
--	-----

<i>Introducción</i>	600
---------------------------	-----

<i>Propósitos de los estudios iniciales</i>	601
---	-----

Estudios sobre transferencia	601
------------------------------------	-----

Estudios sobre difusión	602
-------------------------------	-----

Prediagnóstico sobre los sistemas de difusión de tecnología en la industria colombiana	604
--	-----

Interacción entre fuentes y usuarios del conocimiento técnico	604
---	-----

Prediagnóstico sobre la demanda de información en Colombia	605
--	-----

Orientación de los nuevos estudios

Estudios en marcha	608
--------------------------	-----

Estudio de casos de transferencia inadecuada	608
--	-----

Objetivos del proyecto	608
------------------------------	-----

Diagnóstico sobre el estado actual de la tecnología utilizada en la industria de alimentos	609
--	-----

Análisis de los contratos de regalías vigentes	609
--	-----

Estudio de las características de las patentes concedidas en el país entre los años de 1960 y 1971	610
--	-----

Estudio de tecnologías disponibles a nivel mundial para la fabricación de productos metal-mecánicos prioritarios	610
--	-----

MARCO INSTITUCIONAL PARA EL DESARROLLO DE UNA POLITICA CIENTIFICA Y TECNOLOGICA; modelo para un sistema de producción, selección y transferencia de tecnología, por Félix Moreno	615
--	-----

<i>Introducción</i>	616
---------------------------	-----

<i>Características del modelo</i>	617
---	-----

<i>Elementos del modelo</i>	630
-----------------------------------	-----

Sistema Educativo (Manpower)	630
------------------------------------	-----

Software y Hardware	632
---------------------------	-----

<i>Modelo Ampliado</i>	633
------------------------------	-----

Organismos del modelo	634
-----------------------------	-----

Los organismos de política científica	636
Los organismos de comercio exterior	637
Los institutos de investigación básica	637
Los institutos de investigaciones tecnológicas	638
Los centros de asistencia técnica y las oficinas de con- sultoría	638
Los institutos de control de calidad y normalización	638
<i>Conclusión</i>	639
<i>Apéndice 1</i>	640
Transferencia intrasectorial	640
Transferencia extrasectorial	644
Política de transferencia de tecnología y empresas esta- tales	646
Política de transferencia de tecnología e integración	647
<i>Apéndice 2. Formación de archivos</i>	648
El archivo maestro de empresas	649
El archivo de importaciones	649
El archivo de contratos de tecnología	649
El archivo de propiedad industrial	649
El archivo de alternativas tecnológicas	650
<i>Colaboración internacional</i>	650
<i>Coordinación del Sub-Sistema de archivo</i>	651
APROXIMACION AL ESTUDIO DEL SISTEMA CIENTIFICO Y TEC- NOLOGICO DE COLOMBIA, por Milciades Chaves	653
<i>Presentación</i>	655
<i>La Ciencia y la Tecnología en el Desarrollo</i>	659
Desarrollo y Sub-desarrollo	662
<i>Ciencia y Tecnología en el devenir histórico Colombiano</i>	671
Período colonial	673
Sector de decisiones o gobierno	674
Sector infraestructura científico-tecnológica	674
Sector productivo	676
Primeros cien años de vida independiente	678
Década del Veinte	685
Las tres décadas modernizantes	698
Años Treinta	704
Colombia en proceso de modernización	704
Años Cuarenta	709
Ultimos veinte años de historia	711

<i>Marco Conceptual</i>	715
Áreas de la ciencia	725
Realización de la encuesta	726
Entidades encuestadas en la muestra	727
Las Universidades	728
Institutos descentralizados, entidades sin ánimo de lucro y empresas	728
Empresas	729
<i>Recursos Humanos</i>	731
Recursos humanos en 22 entidades	736
Categorías ocupacionales de las 22 entidades	739
Remuneración del personal dedicado a actividades científicas	740
Dedicación a las actividades científicas	742
Presencia de la mujer en las actividades científicas	743
Actividades científicas en Institutos Descentralizados y Universidades	744
<i>Recursos Humanos</i>	
Fuentes de fondos para 22 entidades	750
Proyectos en ejecución según áreas de la ciencia	757
<i>Recursos Físicos</i>	
Sector Infraestructura	760
Espacios físicos	761

EMPRESAS Y FABRICAS DE
TECNOLOGIA

por

Jorge A. Sábato

Buenos Aires, Argentina

Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico
Departamento de Asuntos Científicos
Secretaría General de la
Organización de los Estados Americanos
Washington, D. C., 1972

“Let me say that every man who joins this organization knows why we are doing research: to make a profit for General Electric”.

A. M. Bucche (1)

INTRODUCCION

1. Si bien desde el punto de vista antropológico la Tecnología es una de las principales manifestaciones de la creatividad humana, en el actual sistema socio-económico la Tecnología es algo que se produce y se comercializa; es, pues, una mercancía más del circuito económico, una verdadera “commodity of commerce”.
2. En otro trabajo (2) hemos analizado algunas de las propiedades principales de esta mercancía —en particular su dinamismo, su efecto multiplicador y su naturaleza social— y los aspectos más importantes de su comercio: formas más corrientes de comercialización, volumen de las corrientes de importación y exportación, modalidades del mercado, etc.

tacadas de la producción de Tecnología, con énfasis especial en la existencia, estructura y funcionamiento de lo que denominados “empresas” y “fábricas” de Tecnología, unidades destinadas específicamente a la producción (“fabricación”) de Tecnología, que si bien existen desde hace décadas en un buen número de países no suelen ser comúnmente reconocidas como tales.

3. El trabajo describe también la formación y funciones de ENIDE SA (Empresa Nacional de Investigación y desarrollo Eléctrico SA), la primera empresa de tecnología eléctrica de Argentina, creada en 1971 con el objetivo de producir y comercializar conocimientos científico-técnico en el campo de la energía eléctrica y sus aplicaciones.

ENIDE podría servir de modelo para la constitución de otras empresas de tecnología —no sólo nacionales sino también regionales— en otros sectores que están bajo el control del sector público: petróleo, siderurgia, comunicaciones, carbón, bancos, etc.

I *Producción de Tecnología*

Comencemos por precisar algunos conceptos y destacar ciertas relaciones, siguiendo en parte lo que hemos desarrollado en nuestro trabajo "El Comercio de Tecnología" (2):

5.1. Definimos Tecnología como el conjunto ordenado de conocimientos utilizados en la producción y comercialización de bienes y servicios.

Si se divide en etapas el proceso generalmente complejo que permite producir y comercializar un bien o un servicio, se suele atribuir una tecnología a cada una de esas etapas y es así que es corriente hablar de tecnología de estudio de mercado, tecnología de diseño y cálculo, tecnología de "lay-out" y de montaje, tecnología de producción propiamente dicha (o de proceso), tecnología de distribución y venta, etc. En los trabajos académicos se suele asignar mayor importancia relativa a las tecnologías de proceso, pero ello no siempre es así en la vida real, y según sean las circunstancias, cualesquiera de las otras tecnologías que intervienen puede tener igual o mayor importancia que la de proceso. La decisión de utilizar o desarrollar una dada tecnología global se toma en función de todas y cada una de las etapas y por lo tanto todas las tecnologías tienen importancia.

5.2. El conjunto de conocimientos que definen una cierta tecnología está integrado no sólo por conocimientos científicos —provenientes de las ciencias exactas, naturales, sociales, humanas, etc.— sino también por conocimientos empíricos como los que resultan de observaciones y ensayos, o se reciben por tradición oral o escrita o se desarrollan gracias a alguna determinada aptitud específica (intuición, destreza manual, sentido común, etc.). Hay tecnologías en las que predomina el conocimiento científico, como ocurre con la mayoría de las modernas tecnologías de proceso, a diferencia de lo que ocurre —por ejemplo— con las tecnologías de comercialización en las que prima aún el conocimiento empírico. Pero aún en las de proceso hay una gama extensa de variación, desde aquellas basadas casi exclusivamente en conocimiento científico —como las empleadas en la fabricación de computadoras— hasta las que sólo utilizan conocimiento empírico —como ocurre en gastronomía— pasando por muchas en las que conocimiento científico y conocimiento empírico se emplean combinadamente, como ocurren en el forjado de metales, en las construcción de edificios, en la fabricación de muebles y artefactos de madera, etc.

5.3. Por definición, la Tecnología es un elemento necesario para la producción y comercialización de bienes y servicios, y en consecuencia, ella misma constituye un objeto de comercio entre los que la poseen y están dispuestas a cederla, canjearla o venderla, y los que no la poseen y la ne-

cesitan. La tecnología adquiere así un precio de venta y se convierte en mercancía, según la definición de K. Boulding (3): "A commodity is something which is exchanged, and, therefore, has a price".

Es, por supuesto, una mercancía valiosa y en su comercio —cada vez más activo, tanto nacional como internacionalmente— se pre-... a veces como si fuera una materia prima, incorporada a bienes físicos (tal el caso de una máquina herramienta, por ejemplo, que lleva en sí mismo la tecnología para la cual se adquiere); otras veces cuando está contenida en documentos y/o en personas, como si fuera un bien de capital (por ejemplo, si se adquiere el 'know-how' de un proceso, se puede realizar ese proceso tantas veces como se desee); y en la mayoría de los casos, en una mezcla de ambas, en las proporciones que corresponde a la tecnología en cuestión (así, en la tecnología de una planta de laminación —por ejemplo— hay tecnología incorporada en los equipos que la integran y tecnología desincorporada en el "know-how" del proceso).

5.4 Además de su valor mercantil, es bien sabido que la Tecnología posee valor estratégico, y cada vez mayor, como lo prueba el hecho de que en los últimos años se use con frecuencia creciente expresiones tales como "dependencia tecnológica", "neo-colonialismo tecnológico", "autonomía tecnológica", etc., que dan cuenta de la existencia de naciones que poseen Tecnología y de naciones que no la tiene, y que por lo tanto dependen de las otras para el abastecimiento de elemento tan importante. Por esto, tanto para los países como para las empresas, tener o no tener Tecnología, "that is the question".

5.5 Cómo es posible, sin embargo, asegurar la producción regular de mercancía tan valiosa cuando, de acuerdo a la definición que hemos dado, entran en su composición elementos no fácilmente controlables ya que el conjunto de conocimientos que constituye una dada tecnología puede ser el resultado buscado de un esfuerzo dirigido, pero también la consecuencia circunstancial de resultados de otras acciones (observación casual, descubrimiento inesperado, intuición, conexión fortuita de observaciones diferentes, etc.)?

La respuesta está en que si bien todavía hoy ni toda la tecnología deriva de la investigación científico-técnica ni todos los resultados de la investigación se transforman en tecnología, cada vez más el conocimiento científico-tecnológico es el insumo más importante de un número creciente de tecnologías. La producción "artesanal" de una dada tecnología se convierte en "producción industrial" en la medida que aumente en ella la cantidad de conocimientos científicos. Es por ello que la producción y or-

ganización de los conocimientos científico-técnicos que integran esas tecnologías se ha convertido más y más en un objetivo específico, resultado de una acción determinada y de un esfuerzo sostenido.

5.6 Este esfuerzo organizado se denomina *Investigación y Desarrollo* (ID) y su objetivo es la creación, propagación y aplicación de conocimientos científicos. La OECD la ha definido en los siguientes terminos (4):

“ID comprende *todas* las tareas que se realizan para el avance del conocimiento científico con o sin un fin práctico definido, y para el uso de sus resultados dirigidos hacia la introducción de nuevos productos o procesos o la mejora de los existentes”.

La relación entre ID y una dada tecnología puede ilustrarse con una descripción de las diferentes etapas que integran la producción de la tecnología necesaria para fabricar y vender un producto absolutamente nuevo:

- a) Investigación científica que lleva al descubrimiento de un nuevo hecho, ley o teoría que será el fundamento del nuevo producto.
- b) Investigación científico-técnica que lleva la concepción del nuevo producto por aplicación de lo descubierto en a) más el empleo de otros conocimientos ya existentes.
- c) Diseño e ingeniería del producto.
- d) Ingeniería de manufactura del producto, especialmente desarrollo del herramental que será utilizado en su producción industrial.
- e) Aplicación de la ingeniería de manufactura en escala de planta piloto.
- f) Investigación del mercado y primeras experiencias —es escala piloto— de comercialización.

En esta cadena de acontecimientos hay una permanente realimentación entre cada uno de sus eslabones, incluyendo los más alejados. Por ejemplo, los resultados de f) pueden obligar a introducir modificaciones en b) e incluso a buscar nuevos resultados en a), y es así como se estructura la trama que vincula Ciencia, Técnica y Tecnología.

5.7 La producción de Tecnología deja de ser algo aleatorio y librado a circunstancias más o menos fortuitas para pasar a ser un proceso orgánico, sistemático, continuo, industrial, cuando es posible establecer entre Tecnología e ID una correlación positiva que exprese que a un dado esfuerzo en ID como *input* corresponde un cierto avance tecnológico como *output*. Pierre Maurice afirma (5): que para muchas tecnologías es posible definir una “función de producción” entre cada una de ellas y el esfuerzo realizado en

ID, función de producción que hace teóricamente posible organizar la producción de esas tecnologías según una metodología similar a la que se emplea en la producción de otras mercancías, y dar por lo tanto origen a una industria. Como afirman F. Russo y R. Erbes (6): “La recherche-développement est bien une industrie puisqu’elle peut se définir comme une structure, plus ou moins stable, de opérations de production et de distribution de biens économiques”.

5.8 Las tecnologías de proceso empleadas en química, electrónica informática, energía nuclear, astronáutica, óptica, etc. son ejemplos bien conocidos de tecnologías producidas en forma orgánica a partir de un esfuerzo sistemático de ID, dirigido y organizado para obtener esas tecnologías. El éxito obtenido con ellas ha llevado a organizar esfuerzos similares en otros sectores de la producción y la comercialización, en donde las tecnologías empleadas tienen todavía muy poco contenido de ID con el objetivo de poder también en ellas definir “funciones de producción” entre tecnología e ID que hagan posible programar la producción de esas tecnologías. El control numérico en máquinas, herramientas, la “xerografía” en la copia de documentación, la fundición continua, la revelación directa (Polaroid) en fotografía, los tejidos de lana “inarrugables” las hojitas de acitar de acero inoxidable, son algunos ejemplos de importantes éxitos obtenidos en sectores que hasta hace pocos años dejaban más o menos librado al azar el desarrollo de las tecnologías que empleaban. También en las tecnologías de comercialización se realiza un esfuerzo similar, y la creciente calidad de los estudios de mercado, la mayor eficiencia en los sistemas de distribución, el mejor dimensionamiento de los stocks, etc. son algunos de los resultados que demuestran la conveniencia y factibilidad de aumentar sensiblemente el contenido de ID en territorios donde hasta hace poco la experiencia, la intuición y el sentido común eran el único fundamento de las tecnologías en uso.

II Fábricas y Laboratorios

6. Como es sabido, la producción de mercancías se realiza en fábricas o talleres. Y bien: lo mismo ocurre con la tecnología, con la diferencia de que las fábricas o talleres de tecnología se llaman “laboratorios de investigación y desarrollo”, o “departamento de ID”, o “centros de ID” o nombres similares en los que siempre figura al menos la palabra “investigación”. Son verdaderas fábricas —y así debieran llamarse, para evitar confusiones— porque su objetivo es producir una mercancía: Tecnología.

Toda empresa que produce bienes o servicios está compuesta de un conjunto de unidades productivas, donde se manufacturan y

procesan los distintos insumos (materias primas, productos intermedios, partes, sub-conjuntos, que permitirán obtener el producto final. La función de esas unidades es "the conversion of matter and energy into useful products markets" según la feliz definición de "manufacturing" que han dado D. Frey y Goldman (7). El "laboratorio" de esa empresa manufactura y procesa un insumo (conocimiento, tanto el que desarrolla por sus propios medios como el que obtiene del "stock" universal) con el que produce la tecnología (o tecnologías) que será a su vez insumo del bien o servicio que produce la empresa. Glosando a Frey y Goldman podría decirse que la función del "laboratorio" es "the conversion or knowledge into technology, a useful product for manufacturing" por lo que, como las otras unidades productivas que integran la empresa, debe estar organizado para producir, ya que debe su misma existencia a esa misión productora. Por eso que creemos más correcto llamarlo "fábrica": un verdadero laboratorio de investigaciones (el de una Universidad, por ejemplo) tiene por misión producir conocimiento científico —básico o aplicado— por el conocimiento mismo; en cambio el "laboratorio" de una empresa produce conocimiento —básico o aplicado— para ser utilizado. H. Gershinowitz (8) lo ha expresado muy claramente: "it would be senseless to do research if the results of research could not be put to use".

7. La mayoría de las fábricas de tecnología ("laboratorios") pertenecen a empresas cuyo objetivo fundamental no es producir tecnología sino producir otras mercancías en las que utiliza tecnología propia o adquirida. Así ocurre con las fábricas de tecnología de las empresas manufactureras, de las empresas de servicios públicos (gas, electricidad, agua, comunicaciones, etc.), de las empresas de comercialización. Pero las fábricas de tecnología pueden también formar parte de empresas destinadas exclusivamente a la producción y/o comercialización de tecnología, es decir, empresas en que la tecnología misma es el objeto de su existencia, el producto final y no un insumo más para otros productos. Las llamaremos "empresas de tecnología" para subrayar el carácter exclusivo de su función. El ejemplo más conocido —y más exitoso— es el de la Bell Telephone Laboratories cuyo objeto no es producir teléfonos sino exclusivamente tecnología en el campo de las telecomunicaciones.

Hay muchos otros ejemplos de empresas de tecnología: los institutos de investigación del tipo de Battelle Memorial Institute de EE. UU., el Fullmer Research Institute de Gran Bretaña, el IIT de Colombia, el IMIT de México, etc; los institutos nacionales de investigaciones industriales, como el INTI de la Argentina, el INTEC de Chile, el IPT de Brasil, etc.; los centros de investigación de sectores industriales como el IRSID de Francia, el British Non-Ferrous Metals Research Association, de Inglaterra; el Centro Electrotécnico Sperimentale Italiano, el Instituto de Investigaciones de la Industria de la Máquina-Herramienta de la URSS, el Instituto del Mar, del Perú, el Central Research Leather Laboratory de la India, etc.; las empresas de Ingeniería y las de consultoría, que generalmente no producen tecnología, sino que la comercializan las empresas que desarrollan bienes de capital como Sciaky en soldadura, Cincinatti en máquina herramientas, Sheppard en fundición, etc.) y fabrican prototipos, pero no los producen masivamente; las empresas de informática, que producen tecnología de informática que luego aplican a la comercialización de otras tecnologías, etc.

Además, hay otras organizaciones que, como aquel personaje de Moliere que no sabía que hacía prosa cuando hablaba, son realmente empresas de tecnología, muchas veces sin saberlo. Tal es el caso de las comisiones nacionales de energía atómica de la mayoría de los países que tienen por objetivo la producción de tecnología nuclear, que luego comercializan directamente —en sus propias fábricas de combustibles, en sus centros de irradiación, etc.— o a través de otras empresas a quienes se la transfieren, generalmente a precios muy inferiores a los de producción para fomentar así el establecimiento y desarrollo de la investigación del espacio y otras empresas similares que integran la familia de instituciones conocida con el nombre de “mission oriented laboratories” denominación que indica claramente que el sustantivo “laboratorio” a secas, no es suficiente para caracterizar con precisión su verdadero objetivo.

8. Las empresas y fábricas de tecnología tienen una preocupación fundamental: procesar conocimiento para producir tecnología. Para tal fin podrían teóricamente no hacer ninguna clase de investigación ya que les bastaría usar el conocimiento existente y producido por los auténticos laboratorios de investigación. D. Allison (9) señala que “the greatest capability that the industrial laboratory possesses (is) the ability to exploit new knowledge”. Es la

experiencia la que ha demostrado la conveniencia de realizar investigación propia, especialmente para poder utilizar con mayor eficiencia el conocimiento generado por otros. Esa conveniencia de realizar investigación debe poder medirse por un mejoramiento de los resultados operativos de la empresa, que justifiquen los gastos que dicha investigación insume porque en eso reside finalmente el fundamento de la legitimidad de la investigación industrial: "research is an activity of a company that makes it possible for the company to increase its profits" (10).

Pero esa tarea de investigación puede producir conocimiento no aplicable inmediatamente, conocimiento puro o básico como se lo suele llamar. Eso ocurre naturalmente —por definición de investigación— y ese conocimiento puede ser de tan alta calidad como el mejor que se produce en los laboratorios de investigación, al extremo de permitir a sus descubridores obtener recompensas académicas del más alto nivel, incluyendo el Premio Nobel, como ocurrió en 1932 (I. Langmuir, que dirigía la fábrica de Tecnología de la General Electric), en 1937 Davison de la Bell y en 1956 (Shockley, Brattain y Bardeen, también de la Bell). Pero, como diría un economista, estas recompensas son "externalidades" de una fábrica de tecnología. Esta no existe para ganar Premios Nobel; si su personal los obtiene, mejor, porque ello no sólo da prestigio a la compañía, sino que demuestra que tiene personal muy calificado y que ha sabido organizarlo de modo tal de hacer posible la creación científica al nivel más alto; pero si la fábrica produce solamente premios y recompensas académicas, no cumple con su función específica y en consecuencia debiera ser radicalmente reestructurada. Como lo ha expresado Robert Hershey (11), Vice-presidente de ID de Dupont, "Research per se is not a suitable objective for an industrial organization. Research and its application, taken together and viewed as inseparable, are the legitimate goal".

Por su parte, los legítimos laboratorios de investigación, que existen solamente para producir conocimiento "for the sake of it", suelen también producir tecnologías, que son así "externalidades" de su función específica. Es también natural que ello ocurra porque la tarea de investigación no tiene fronteras rígidas y por lo tanto muchos investigadores no se detienen en la obtención de un determinado conocimiento sino que se interesan en su aplicación y realizan así trabajos que no son específicos de un laboratorio de investigaciones sino de una fábrica de tecnología. Hay numerosos

ejemplos: equipos e instrumentos científicos (microscopio electrónico, microscopio a emisión de campo, microsonda electrónica, espectómetro de masa, aceleradores de partículas -lineal, en cascada, ciclotron, etc-, detectores de partículas, ultracentrífugas, etc.) que fueron inventados y fabricados por primera vez, en laboratorios universitarios; procesos, como la mayoría de los empleados en la química orgánica industrial; productos como el laser y el polaroid etc. Estos desarrollos exitosos, realizados en laboratorios que teóricamente tenían otra misión, inspiró la creación de los ahora llamados "mission oriented laboratories" justamente con el objeto de hacer explícita una función que ellos habían cumplido casi sin proponérselo. Tal el caso de laboratorios universitarios como el Jet-Propulsion Laboratory del California Institute of Technology, el Lincoln Laboratory del M.I.T., etc. que son verdaderamente fábricas de tecnología instaladas en campos universitarios donde tratan de optimizar las "economías externas" de las tareas de las tareas de investigación.

9. Por cierto que las semejanzas formales entre fábricas de tecnología y laboratorios de investigación son muy grandes. En primer lugar, los elementos físicos son prácticamente indistinguibles: edificios similares, situados en paisajes parecidos (cada vez más se instala la fábrica de tecnología alejada de las otras fábricas que integran la empresa), equipados con las mismas máquinas, instrumentos, aparatos, muebles y enseres, etc. La semejanza se aún mayor y más significativa, en el personal: científicos y técnicos tienen currícula similares y son dirigidos por hombres de altas calificaciones profesionales y académicas; por eso no debe extrañar que haya gran circulación de personal entre "fábricas" y "laboratorios", circulación que a su vez contribuye a hacer aún mayor el paralelismo entre ambos tipos de instituciones.

Todo esto es consecuencia por supuesto, de que tanto las fábricas de tecnología como los laboratorios de investigaciones basan su funcionamiento en el uso de una misma herramienta epistemológica: el método científico, cuyo empleo a lo largo de muchas décadas ha terminado creando un sistema de hábitos de trabajo, división de tareas, distribución de espacio y tiempo, etc., que es común a todos los lugares donde se realizan tareas de ID. No debe extrañar entonces que haya tantas semejanzas formales entre instituciones donde se trabaja de la misma manera aunque sea con

distinto fin. Lamentablemente, estas semejanzas suelen ocultar al diferencia de fondo que existe entre ambos tipos de instituciones y se produce entonces una confusión de roles que tiene serias consecuencias sobre la eficiencia de aquellas organizaciones que siendo en realidad fábricas se ven a sí mismas como laboratorios.

II. Brooks (12) llama la atención sobre "a frequent paradox observed in civil service laboratories is the high level of scientific performance of individuals contrasted with the often disappointing results from the organization". Lo que ocurre realmente es que tales "civil service laboratories" son realmente fábricas de tecnología pero no lo entienden así los científicos y técnicos que en ellos trabajan. Creen que pertenecen a un laboratorio de investigaciones —y generalmente así lo dice el nombre oficial de la institución— y por lo tanto entienden que su deber es producir buena ciencia; se sienten entonces satisfechos con sólo producir conocimiento, cuando en realidad no debieran estarlo hasta lograr transformar esos conocimientos en tecnología. Esta confusión de roles es muy frecuente y suele acarrear hasta la destrucción de instituciones que en principio poseen todos los atributos necesarios para funcionar excelentemente. Pero es esencial que el personal científico y técnico sepa —y acepte— qué es lo que de él espera. El científico que trabaja en una fábrica de tecnología —y que ha tomado conciencia de ello— tiene una determinada actitud hacia la investigación, que D. Allison (13) ha descrito muy gráficamente: "it is difficult to capture his interest in a problem or a discovery, however exciting it might appear to you, unless he can sense that the thing might have commercial value. His favorite word is relevance".

10. Las fábricas de tecnología nacieron hacia fines del siglo pasado y primeras décadas de este siglo. Hasta ese entonces la producción de tecnología era mucho más el resultado de esfuerzos individuales que de procesos sistemáticos. Se promovía y premiaba al inventor individual, como lo hacían instituciones como la Royal Society de Inglaterra y la Academie des Sciences de Francia. Las industrias más importantes de la época (textil, mecánica, metalúrgica) progresaban técnicamente sin mayor relación directa con lo que ocurría en la ciencia de la época. Pero esta situación iba a cambiar radicalmente con el nacimiento y desarrollo de las industrias química y eléctrica, que necesitaban imperiosamente de conocimientos científicos y técnicos; fueron las primeras industrias en las que se tomó conciencia de que el conocimiento puede

ser más importante que las materias primas. En la década del 20 ocurren en EE. UU. dos hechos que influirían poderosamente en el futuro desarrollo de la producción de tecnología. En primer lugar, un enérgico desarrollo del National Bureau of Standards, que trae como consecuencia que a sus tradicionales funciones de ensayos y mediciones se les agregue la de desarrollar tecnologías útiles para la industria manufacturera americana, con lo que la mayoría de los laboratorios del NBS se convierten así en los primeros laboratorios gubernamentales (norteamericanos) "mission-oriented". En segundo lugar, la creación de la Bell Telephone Laboratories como empresa independiente, a partir de los laboratorios de investigación de la Western Electric Company: por primera vez se crea una empresa con el objetivo explícito de producir tecnología como una mercancía independiente, una empresa independiente de la que va a usar la tecnología que ella produzca.

Los importantes éxitos del NBS y la Bell los convertirían en paradigmas que luego serían imitados no sólo en Estados Unidos sino también en muchos otros países.

Hasta la Segunda Guerra Mundial el proceso de toma de conciencia de la posibilidad de producir Tecnología en forma sistemática se desarrolla gradualmente, especialmente a través de la instalación y/o crecimiento de fábricas de tecnología en las grandes empresas: I.G. Farben Industrie y Siemes en Alemania, I.C.I. en Gran Bretaña, Philips en Holanda, Dupont, Westinghouse y Alcoa en EE. UU., etc.

Es en la Segunda Guerra cuando se produce la demostración más terminante de la factibilidad de producir tecnología casi a voluntad mediante el uso de I.D. Varios desarrollos (el radar, las "bombas voladoras", las turbinas para los aviones a chorro, etc.) son ejemplos contundentes de esa capacidad, pero el éxito más sensacional es el Manhattan Project que se propone y logra la fabricación de la bomba atómica a partir de un descubrimiento científico obtenido en laboratorios de investigación: la fisión del uranio. El ex-presidente H. Truman describió el Manhattan Project con palabras que destacan lo que fue realmente fundamental: "But the greatest marvel is not the size of the enterprise, its secrecy, nor its cost, but the achievement of scientific brains in putting together infinitely complex pieces of knowledge held by many men in different field of sciences into a workable plan". Exacta descripción de lo que es el desarrollo de una tecnología y, por eso mismo, una de las lecciones más importantes de aquel proyecto, porque

después de su éxito no quedaron dudas sobre que era posible producir tecnologías aplicando una metodología similar. Esta toma de conciencia se traduce de inmediato en el crecimiento explosivo de los presupuestos —tanto públicos como privados— destinados a ID, en la creación de nuevas instituciones y laboratorios “mission oriented”, en el apoyo masivo a las carreras científicas (físicos y matemáticos pasan a figurar entre los profesionales mejor pagados) y a las universidades y centros de formación de personal científico y técnico. En los últimos quince años se produce así una verdadera explosión en el campo de la producción de Tecnología como lo pone de manifiesto la introducción y uso de expresiones tales como “science based industries”, “research intensive industries”, “economy of knowledge”, etc. Definitivamente, la producción de Tecnología se convierte en una actividad industrial y su comercialización adquiere importancia: éstas son las características relevantes de lo que se ha dado en llamar “la segunda revolución industrial”. Según D. Cordtz (13 bis) “few dogmas have permeated U. S. industry so quickly and thoroughly as the idea that research is indispensable. In the last fifteen years corporate spending on basic and applied research has risen more than four fold, to an estimated US\$ 3 billion last year (1970)”.

11. Durante este proceso histórico las empresas líderes productoras de bienes y servicios aprendieron que “their research and development activity is not an appendage to other functions of the firm but is an integral part of it” (14) y en consecuencia dieron cada vez más importancia a sus fábricas de tecnología, hecho que transmitieron al gran público a través de publicidad masiva con textos como los siguientes:

“Research, in a climate of innovation, is our solid base for future growth” (15).

“To keep thinking ahead... Hoechst employs 10300 people in R & D with a research investment this year of more than 160 million” (16).

“Progress is our most important product” (17).

“Anticipating tomorrow’s needs today, through research — in chemicals” (18).

“Union Carbide is constantly developing new and improved products and researching new ideas” (19).

Pero la mayoría de estas empresas no sólo producen tecnología

para sus propios fines sino que además —y en forma creciente— la venden. Han incorporado así a su línea de comercialización un nuevo producto, como lo expresa en forma muy elocuente el siguiente aviso comercial: “Hitachi Ltda... is now in the business of *selling* ideas as well as manufactured goods— the first Japanese company to do so” (20). Es por eso que las grandes corporaciones incluyen por lo menos una empresa de tecnología que comercializa la tecnología que producen las diversas fábricas de tecnología de la corporación, optimizando así la inversión realizada en ID. Los ejemplos son bien conocidos, todas las grandes corporaciones venden cada día más tecnología, sea incorporada en sus productos, sea desincorporada en patentes, contratos de “Know-how”, diseños y planos, asistencia técnica, etc. Probablemente sea justamente la tecnología el instrumento más poderoso de penetración en el mercado mundial. Esas corporaciones son además cada vez más “research intensive”, con lo que fortalecen su dominio tecnológico.

III TIPOS DE EMPRESAS Y FABRICAS

12. La experiencia ha permitido definir con precisión cada vez mayor las diferentes funciones que una fábrica de tecnología cumple en el seno de una empresa o corporación. Entre las más importantes, figuran las siguientes:

Ser una fuente crítica de información científica y técnica, capaz de evaluar sus posibilidades presentes y futuras para la empresa.

Responder a las consultas científico-técnicas que plantean otros sectores de la empresa (producción, comercialización, compra, etc.).

Evaluar la factibilidad de nuevos desarrollos que la empresa desea realizar.

Realizar investigación en problemas planteados por la dirección de la empresa o elegidos por la misma dirección de la fábrica. La investigación podrá ser básica o aplicada, según la naturaleza del problema; generalmente será una combinación de ambas.

Asesorar a la empresa en la planificación de futuros desarrollos tecnológicos.

Mantener estrecho contacto con la comunidad científico-técnica externa a la empresa, buscando descubrir nuevos talentos, explorar nuevos campos y estimular la realización de investigaciones que puedan ser de utilidad para la empresa.

Mantener estrecho contacto con los laboratorios de control de calidad de la empresa, no sólo para ayudar a éstos a mejorar sus servicios a través del desarrollo de nuevas técnicas, equipos, etc. sino porque el control de calidad es una fuente importante de problemas, una especie de “ventana abierta” a través de la cual el personal de la “fábrica de tecnología” mejora su contacto con la realidad.

Por cierto que todas estas funciones adquieren mayor relevancia aún en el caso de las “fábricas” que pertenecen a las empresas llamadas “science-based”, dado que ellas simplemente no podrían existir si la “fábrica” dejase de alimentarlas continuamente de nuevas tecnologías. Para una empresa “science-based” la fábrica de tecnología es lo que un alto horno a una acería integrada. Es obvio que estas empresas existen sólo porque es posible producir tecnología de manera planificada y así como en el siglo pasado la producción regular de acero permitió la fabricación regular de máquinas y equipos, en nuestros días es la producción y procesamiento regular de conocimiento —mediante acciones de ID— lo que hace posible la fabricación regular de los productos llamados “science-based”.

13. En lo que se refiere a empresas de tecnología en las dos últimas décadas, no sólo han crecido notoriamente en número y variedad —como ya lo hemos señalado en II-7— sino que los servicios que ofrecen cubren un espectro muy amplio. La publicidad que realizan provee de algunos ejemplos reveladores:

“Bechtel processing technology. Everything from tomatoes to copper” (21).

“TWR Inc. A diversified technology company specializing in products, systems and services for world wide markets” (22).

“Unused inventions wanted. Product Development Consultants serves professional inventors and corporations by helping to turn dormant inventions. . . . into royalty-paying licensing agreements” (24).

“Deposit or draw from the international exchange bank, of profitable technology” (24).

La gran variedad de empresas de tecnología se puede apreciar en la siguiente clasificación:

Empresas sectoriales: Son las que producen tecnología para un

determinado sector: industria, agricultura, ganadería, comercio, minería, servicios, etc. Pertenecen a este grupo empresas privadas como el Batelle Memorial Institute de EE. UU., el IIT de Colombia, etc.), empresas estatales (como el INTI y el INTA de Argentina, el NBS de Estados Unidos, el Instituto del Mar del Perú, etc.), empresas paraestatales (como el Instituto de Investigaciones Forestales de Chile, el INTEC también de Chile), empresas estaduales (como el IPT de San Pablo, Brasil), empresas regionales (como el ICAITI, de Centro América), empresas universitarias (como el Centro de Estudios en Cuencas y Vertientes de la Universidad de la Plata, Argentina), etc.

Empresas por ramas: Son las que producen tecnología para una determinada rama, tales como la industria metalúrgica, de la construcción, eléctrica, mecánica, etc.; o cereales, ganado ovino, fibras industriales, etc; o minerales no metalíferos, petróleo, etc. También en esta categoría hay empresas privadas (como la Bell Telephone Laboratories en telecomunicaciones, la Lockheed R & D en aeroespacial, la Sciaky en soldadura, etc. de Estados Unidos), empresas mixtas (como el IRSID de Francia), empresas cooperativas (como el British Non Ferrous Metals Research Association), empresas estatales (como el Institut Francais du Petrole, el Laboratorio Nacional de Hidráulica de Argentina), empresas paraestatales (como el Instituto de Fomento Pesquero de Chile), empresas universitarias (como el Instituto de Investigación de Alta Tensión de la Universidad de La Plata, Argentina, el Centro de Investigaciones de la Lana en la Universidad del Sur, Argentina) etc.

Por cierto que esta clasificación es solamente parcial e incompleta. Habría que agregar muchas otras empresas, como las que están especializadas en productos específicos, los que operan en otro campo determinado (como los organismos nacionales de energía atómica o los de investigaciones espaciales), las empresas de ingeniería que venden multitud de tecnologías diferentes, etc. Sin olvidar las empresas de tecnología de las grandes corporaciones que por sí solas cubren diversos campos, sectores y ramas. "R&D in General Electric is extrememly diversified, covering virtually all areas of the physical sciences, and extending into the life sciences" (25). O como dice un aviso: "At GT&E, *research* gets results-in communications, chemistry, lightning, metallurgy" (26).

14. Frente al mercado, las empresas de tecnología proceden de muy diferente manera según el tipo de empresa que sea, la naturaleza de su propiedad (privada, estatal, mixta, etc.), las características

de las tecnologías que produce y vende, el grado de independencia de su dirección, el alcance de su mercado (nacional o internacional, limitado a un cliente o abierto a todos), etc. La Bell, por ejemplo, que sirve al sistema de la American Telegraph and Telephone del que forma parte, opera de manera distinta al Battelle Memorial Institute, que opera en varios sectores y ramas y sirve en principio a cualquier cliente que esté dispuesto a pagar por sus servicios. En el caso de la Bell, su producción de tecnología —limitada a telecomunicaciones— resulta de una interacción oferta-demanda entre ella y las restantes empresas que integran la AT&T. Por cierto que éstas demandan desarrollos tecnológicos determinados a la Bell pero más importante es el hecho de que debido a su elevada autonomía, la Bell puede ofertar a la AT&T —y lo hace permanentemente— desarrollos que ésta no había ni siquiera pensado. Probablemente en esa circulación de oferta en las dos direcciones resida una de las claves del éxito de la Bell, ya que gracias a ello ésta no va a la zaga de las necesidades de la AT&T sino que realmente puede conducir al proceso de innovación.

En cambio, el Battelle es multisectorial y multidisciplinario y opera en mercado abierto, no sólo nacional, sino internacional. Horizonte tan amplio de actividades supone serios peligros que sólo pueden ser superados en base a una extrema flexibilidad operativa y a una agresiva política de ventas; y probablemente a ambas se deba el éxito del Battelle, más meritorio aún si se tiene en cuenta que muchos institutos —organizados para competir con Battelle— fracasaron y desaparecieron. Por análogas causas es muy poco probable que los llamados institutos nacionales de investigación industrial —empresas estatales de tecnología organizadas para servir a todas las ramas de la industria de un país— puedan tener éxito: las rigideces burocráticas del aparato estatal —particularmente en los países en vía de desarrollo— hacen prácticamente imposible lograr una operación flexible y una agresiva política de ventas. (En estos institutos, las ventas interesan mucho menos como fuentes de recursos que como un mecanismo de acople con la realidad). Si a esto se agrega el hecho de que la mayoría de esos institutos no ha tomado aún conciencia de que son empresas de tecnología, no debe sorprender que los resultados obtenidos con ellos hasta ahora estén muy por debajo de las expectativas que se tuvieron en el momento de su creación. En estos países sería más conveniente la organización de empresas mixtas o paraestatales (las privadas carecen de viabilidad por

la debilidad del sector económico nacional al que deben servir) por ramas (industria metalúrgica, industria eléctrica, industria alimenticia, etc.) y aún por productos (hierro y acero; lana; cueros; café; petróleo; energía eléctrica, etc.). Al operar en un territorio más restringido y definido con mayor precisión, disminuyen los riesgos al par que aumentan las ventajas, especialmente las derivadas de un mejor contacto con los problemas reales que se presentan en el desarrollo de la rama o producto en cuestión. Es probable que ello haya influido positivamente en los éxitos del Instituto de Investigación del Cuero de la India, del IIT de Colombia, que pese a su nombre de Instituto de Investigaciones Tecnológicas restringe de hecho sus actividades a la industria alimenticia; del SATI de la Argentina, que opera en el sector metalúrgico pero con especialización en soldadura, fractura y grandes componentes.

Las empresas que pertenecen a grandes corporaciones transnacionales se ven favorecidas por la escala de sus operaciones y por el hecho de que su producción de tecnología se comercializa principalmente a través de los bienes o servicios que vende la corporación; a su vez, como dichos bienes y servicios se venden fundamentalmente porque poseen tecnologías de avanzada —que les da ventajas comparativas en el mercado— esto actúa como realimentación en la producción de tecnología, impulso que ayuda fuertemente a su desarrollo ininterrumpido.

15. Un ejemplo importante, que sirvió y sirve de modelo a la mayoría de los laboratorios "mission oriented", es el de los organismos nacionales de energía atómica que, con nombres diferentes (Atomic Energy Commission de EE. UU., Atomic Energy Authority de Gran Bretaña, Commissariat a l'Energie Atomique de Francia, Junta de Energía Nuclear de España, Comisión Nacional de Energía Atómica de la Argentina, etc.) cumplen en los distintos países una misma función: en el campo de la energía nuclear, desarrollar conocimientos científico-técnico y sus aplicaciones. En los países desarrollados su creación fue inspirada por el resonante éxito del Proyecto Manhattan e impulsada por el interés y la urgencia de desarrollar, prácticamente desde cero, un campo totalmente nuevo: el de la tecnología nuclear y sus aplicaciones militares y pacíficas. Esos organismos fueron pues verdaderas empresas de tecnología, y a ellos se debe —directa o indirectamente— prácticamente la totalidad de la tecnología nuclear que hoy se emplea en el mundo. De acuerdo con las modalidades propias de cada país, de cada

organismo y de cada problema, esas empresas a veces realizaron únicamente (o hicieron realizar por terceros) tareas de ID, encargando la producción de la tecnología correspondiente a otras empresas (caso de las membranas empleadas en las celdas de difusión del hexafluoruro de uranio, en EE. UU.); a veces, desarrollaron la tecnología en forma completa, que luego cedieron a empresas para su comercialización y utilización (caso de los prototipos de reactores de potencia a uranio enriquecido y agua hirviente —desarrollado por la AEC de Estados Unidos—, a uranio natural, grafito y gas, desarrollado por la U.K.A.E.A. de Gran Bretaña, etc.); en otros casos, no sólo desarrollaron la tecnología sino que tomaron a su cargo la producción y comercialización de los bienes para los cuales se necesitaba esa tecnología (caso de los elementos combustibles para reactores nucleares en Gran Bretaña, etc.).

A medida que transcurrió el tiempo y la industria nuclear que fortaleciéndose, la tarea de producir tecnología nuclear fue pasando paulatinamente a otras empresas —principalmente privadas o mixtas— ligadas más directamente a la producción de bienes y servicios nucleares, con lo que el rol de los organismos nacionales se fue debilitando y sus objetivos se tornaron menos precisos. En cierto sentido, dejaron de tener razón como empresas de tecnología nuclear y a ello se debe que en los últimos años entraran en profundas crisis —que podrían calificarse de “crisis de personalidad”— y que, al menos en Gran Bretaña y en Francia, han dado origen a importantes transformaciones estructurales.

En cambio, en los países en vía de desarrollo, los organismos de energía atómica comenzaron por ser institutos de investigación básica, pasaron luego a realizar tareas de ID y sólo posteriormente comenzaron a transformarse en empresas de tecnología, generalmente sin clara conciencia de que ello debía ocurrir necesariamente. Por cierto que cada una de esas transformaciones ocasionaron —y ocasionan— crisis, originadas principalmente en lo difícil que resulta a su personal asumir el cambio de roles, dificultad que se agrava por la relativa ignorancia que aún rodea a los objetivos y funcionamiento de las empresas de tecnología.

16. La gran mayoría de las empresas y fábricas de tecnología están instaladas en los países desarrollados, que por lo tanto monopolizan prácticamente la producción de Tecnología (2). Los países no desarrollados en cambio, tienen muy pocas empresas y fábricas —que además funcionan generalmente por debajo de su real ca-

pacidad— y por lo tanto son productores de muy escasa significación. La consecuencia de este estado de cosas es una suerte de “nueva división internacional del trabajo” que Osvaldo Sunkel ha descrito en los siguientes términos (27):

“En las plantas, laboratorios, departamento de diseño y publicidad y núcleos de planeamiento, decisión y financiación que constituyen su cuartel general y que se encuentra localizado en un país industrializado, la gran corporación multinacional desarrolla: a) nuevos productos; b) nuevas maneras de producir esos productos; c) las maquinarias y equipos necesarios para producirlos; d) las materias primas sintéticas y productos intermedios que entran en su elaboración y e) la publicidad necesaria para crear y dinamizar sus mercados.

En las economías subdesarrolladas, por su parte, se realizan las etapas de producción final de aquellas manufacturas, dando lugar a un proceso de industrialización que avanza gracias a la instalación de subsidiarias, la importación de las nuevas maquinarias e insumos y el uso de las marcas, licencias y patentes correspondientes, independientemente o asociadas con subsidiarias extranjeras, todo ello apoyado en el crédito público y privado externo y aún en la asistencia técnica internacional... Aparece... la especialización del centro en la generación de nuevo conocimiento científico y tecnológico, y de la periferia en su consumo y utilización rutinaria”.

17. La producción de tecnología no sólo está altamente concentrada en ciertos países, sino que dentro de éstos también lo está en ciertas empresas. Así, en EE. UU. en 1964 sólo 12.000 empresas realizaban tareas de ID ligadas a la producción de tecnología, y de ellas, 418 efectuaban el 86% de esas tareas (28). Esta concentración es aún mayor en los países europeos, en donde —fuera de las instituciones estatales y paraestatales— solamente las grandes corporaciones producen tecnología en forma significativa, siendo además muy pocas las empresas de tecnología independientes, con excepción de fuertes empresas de ingeniería y de consultoría.

Además de la concentración institucional en EE.UU. se ha dado un fenómeno muy interesante: el de la concentración geográfica, particularmente en las vecindades de Boston —en la ahora famosa Ruta 128— y en la región de la bahía de San Francisco, en California. Este fenómeno recuerda las clásicas concentraciones de hierro y el acero en el Ruhr (Alemania) y Pittsburg (EE.UU.).

¿Cuáles fueron las razones que llevaron a más de 700 empresas —la gran mayoría “science-based” y todas ligadas estrechamente a la producción de tecnología— a instalarse en la Ruta 128? Un reciente estudio (29) propone que ello se debe a la convergencia —en esa región— de tres factores determinantes: un flujo de “energía”, un flujo de informaciones y una red estrecha de comunicaciones.

El flujo de “energía” está representado por la disponibilidad de “capital de riesgo” y la abundancia de contratos de todo tipo —particularmente gubernamentales— que permiten el lanzamiento, creación y desarrollo de las empresas. El flujo de informaciones proviene de las universidades y centros de investigación situados en las proximidades del complejo industrial. Las comunicaciones estrechas y generalmente personales entre científicos industriales y personal de las agencias gubernamentales favorecen la circulación de ideas nuevas y la fertilización recíproca. Estos tres factores, que permitirían explicar el fenómeno de concentración en la Ruta 128, deben ser tenidos muy en cuenta en toda decisión referente a la creación y organización de empresas de tecnología. En el caso de muchos institutos estatales de investigación de los países no desarrollados generalmente no se presta ninguna atención a los últimos dos factores (“información” y “comunicación”) y el primer factor es atendido sólo en forma precaria y, sobre todo, con escasa continuidad y muchas trabas burocráticas.

“I don't know the head of any research organization who really knows how to evaluate his own laboratory. He can do it intuitively but he has no real means of comparison”.

H. Brooks comparte esa opinión cuando afirma que “More broadly, we do not know how to measure the efficiency of science, either in relation to technology or even relative to its own integral goals”

(32). Es por eso que el sistema de evaluación más usado sea el sugerido por Ference, de los laboratorios de ID de la Ford Motor Co., que consiste simplemente en preguntarse “in what way, directly or indirectly, have you increased the profit of our company”.

Algo similar ocurre con el problema crucial de cuánto invertir. Lo único que se sabe es que las corporaciones que actúan en los sectores dinámicos invierten en promedio del orden del 9% de sus ventas netas con un máximo de 25% en las industrias aeroespaciales y un mínimo de 4.4% para las industrias químicas mientras

que las empresas que operan en sectores tradicionales invierten del orden del 1.5% de sus ventas netas (33). De todas maneras ésta es información ex-post, y si bien da una orientación general, no sirve de mucho en el momento de tomar decisiones. "My first point is that there is no golden rule which can be used . . . to decide how much should be spent on research and I profoundly distrust statements that research expenditure should be so many percent of the turnover of the company", es lo que ha afirmado Sir Alan Wilson, presidente de la compañía británica Glaxo y distinguido científico (es fellow de la Royal Society) en un reciente reportaje (34). Watson, presidente, de IBM —corporación para la cual ID es vital—, dice que en problemas tan complejos lo único que el puede informar es que (35) "he would be uneasy if IBM's spending for R&D fell below 5% of sales or rose above 8%".

Sin embargo, esta imprecisión —que puede llegar a ser indeterminación no debe extrañar, ya que hay sólidas razones para que así ocurra. En primer lugar, la poca experiencia histórica en este tipo de producción (pocas décadas), agravada por el hecho de que se ha realizado —y se realiza— en sectores muy diferentes entre sí. Luego, la naturaleza especial del producto (Tecnología) y de su insumo fundamental (ID), en la que la creatividad personal desempeña rol tan esencial, porque si bien el trabajo en equipo y con recursos abundantes aumenta la eficiencia y puede que estimule la creación —aunque muchas veces la inhibe— es muy difícil que la produzca: la creación es un acto singular de una mente singular. Por eso mismo debe ser calificada de actividad muy riesgosa en la que los resultados no pueden ser anticipados con la precisión necesaria para formular estrategias rígidas. Una medida de ese riesgo lo dan los fracasos de empresas con larga y exitosa tradición en la producción, uso y comercialización de tecnologías, como lo ocurrido con Dupont y su sustituto del cuero (el Corfarm) donde después de varios años de trabajo y casi 100 millones de dólares de gastos, aún no ha podido obtener el producto deseado; o con la Rolls-Royce, cuyo fracaso tecnológico en la producción de turbinas para el nuevo avión Tri-Star llevó a esa prestigiosa empresa a la quiebra.

Una tercera dificultad para manejar tan delicada producción deriva de la importancia fundamental que tiene la comunicación entre los diferentes participantes en el proceso. D. Cordtz (36) dice al respecto que: "if management is to avoid wasted effort, confusion and low morale it must effectively communicate to

its scientists both the overall company goals and the contribution that research is expected to make". Y concluye: "No other problem is so pervasive and so potentially mischievous as the failures of top managers and researchers to communicate with each other".

En la producción de otras mercancías la comunicación por escrito es generalmente suficiente para lograr lo que se busca; en tecnología, todos los estudios realizados coinciden en que nada puede remplazar aún a la comunicación verbal directa. Como dice Summer Myers (37) "they get the word by ear rather than by eye... conversing is far more important".

18. Por todo lo que antecede, es evidente que la realización de ID y la aplicación de sus resultados a la producción de Tecnología es un delicado y complejo proceso en el que los aspectos socio-antropológicos deben ser muy tenidos en cuenta, especialmente cuando se trata de organizar empresas y fábricas de tecnología. En resumidas cuentas, una fábrica de tecnología —como un laboratorio de investigaciones— no vale tanto por las dimensiones del edificio en donde está instalada ni por los recursos en los equipos e instrumentos que posea sino por la calidad y cantidad de inteligencia de los hombres que la integran. Un científico mediocre producirá ideas mediocres y si se suman científicos mediocres, las ideas continuarán siendo mediocres por más dinero que se les inyecte.

Tampoco basta con integrar el personal con científicos y técnicos brillantes: es condición necesaria pero no suficiente. Hay que saberlos motivar para que su creatividad se ponga al servicio de los objetivos de la empresa. "An extremely important element in the conduct of applied research is to create circumstances that ensure the confrontation of scientists with practical problems" (38). Además, por su educación y por el sistema de valores del grupo humano que integran, no es fácil lograr que los científicos acepten de entrada que su trabajo debe forzosamente traducirse en resultados útiles para los negocios de la empresa. Por eso la mayoría de los estudios sobre el tema dan énfasis en particular "the never ending tension between the imperatives of the profit motive and the needs of the creative minds" (39). Y esto vale también para las empresas "non-profit" como los institutos nacionales de investigación industrial, las comisiones de energía atómica y demás organismos análogos que si bien no comercializan tecnología en el sentido estricto del término, producen cono-

cimientos para ser utilizados en objetivos extra-científicos y, por lo tanto, psicológicamente alejados de las preocupaciones centrales de las mentes que los crean. La productividad de las empresas gira pues en buena medida alrededor de este problema de la correcta motivación de su personal y al respecto, si bien tampoco hay recetas mágicas, la experiencia demuestra que salarios y otras recompensas materiales no bastan y que los científicos y técnicos necesitan otros incentivos tales como desafío intelectual en los temas y problemas que deben estudiar, utilidad socio-política de los resultados que pueden obtener, posibilidad de progreso profesional en su propia disciplina, etc. Un factor interno que afecta poderosamente a la motivación es el grado de burocratización de la organización de la empresa o fábrica: trabas, controles y reglamentos deben ser reducidos al mínimo porque de lo contrario la creatividad disminuye peligrosamente, por fuerte que sean los otros estímulos empleados. Una de las formas de disminuir la burocratización es organizar la empresa o fábrica en forma cuasi-horizontal, de manera que entre la cima y la base haya un número pequeño de escalones intermedios. Claro que esto plantea un problema difícil de resolver cuando la fábrica pertenece a una empresa cuyas otras unidades integrantes están organizadas según el clásico modelo vertical o piramidal. La co-existencia de ambos estilos de organización origina crisis internas, que si se resuelven por el simple mecanismo de obligar a la fábrica de tecnología a adoptar la estructura vertical —y las reglas de comportamiento que le son propias— traen como consecuencia a mediano plazo una notoria disminución de productividad.

Este tipo de problemas determina que el rol del director de fábrica —generalmente llamado “director de investigación y desarrollo”— sea realmente clave. Como lo ha definido H. Brooks (40) “he is the individual who matches the world of science to the world of society, with a foot in management and a foot in science”. El está en el centro mismo de ese mundo conflictivo y debe equilibrar cuidadosamente dos personalidades poco compatibles: “from the point of view of management he is the man responsible for putting technology to corporate use. From the point of view of his scientists, he is the champion of the scientific value system in the corporation” (41). De ahí que no resulte exagerado afirmar que, al igual que lo que ocurre en los laboratorios de investigación —y con mayor razón aún—, el jefe de una fábrica de tecnología es el principal factor determinante de

la calidad de la mercancía que en ella se produce.

19. Este complejo conjunto de factores hace sumamente difícil la formulación e implementación de estrategias en la producción de tecnología. Para poder apreciar cómo se realiza en las grandes corporaciones, nada mejor que describir detalladamente un ejemplo concreto, como el presentado por James B. Quinn en un trabajo reciente (42): "A large international oil company reviews its strategy annually and develops integrated long-range plans to support its chosen strategy. At corporate levels, two planning staffs (economic analysis and operation analysis) reports to a Long-range Planning Committee consisting of members of the Board of the Directors and major corporation officers. In addition, each operating division has its own long-range planning staff. Semi-annually, the Economic Analysis group forecast major macro-economic parameters... Operation Analysis distills world-wide inputs on expected political conditions, pricing and supply trends, major technological developments, etc. and uses these to analyse the company's strengths and weaknesses in each major marketing and production area world wide... From these the corporate executive committee determines desired overall corporate objectives... These goals, along with specific policy limitations and planning assumptions are communicated to operating division ahead Operating divisions then draw up proposals... As a component of those proposals, each operating division works with the Central Research and Engineering División to draw up integrated scientific and technological plans. The Company several R&D departments perform basic research in selected scientific of general interest to the work of the company, work on applied problems of specific interest to operating units and try to maintain close contact with university and industrial scientist throughout the world... Each operating unit forecasts the particular technological problems and opportunities it faces in its own areas... Finally, each division's plans are reviewed by top corporate officers and staff members to determine their final fit into overall corporate strategy"...

Esta larga descripción da una idea del grado de articulación que se puede obtener en la planificación de la producción de tecnología, sobre todo en las grandes empresas. Pero aún en ellas, esa articulación no debe ser tan rígida que elimine totalmente acciones que escapando a la planificación, pueden resultar de gran beneficio. Un ejemplo muy rotundo es el desarrollo del disco de memoria de

las computadoras, que fue realizado en IBM sin que nadie lo hubiese ordenado o aprobado, en una verdadera operación "underground", como lo calificara el propio presidente de la empresa (43).

V. UNA EMPRESA DE TECNOLOGIA PARA LA INDUSTRIA ELECTRICA

20. El 4 de septiembre de 1882 se puso en funcionamiento la primer usina eléctrica comercial del mundo: estaba ubicada en la calle Pearl Street de Nueva York, su potencia era de 30 Kw y había sido construida e instalada por T. A. Edison y sus colaboradores. En realidad, Edison hizo algo mucho más importante: inventó el concepto de usina, es decir, el de una central capaz de generar y vender energía eléctrica a diversos consumidores, con lo que inventó el negocio de la producción y comercialización de electricidad. Fue éste un desarrollo perfectamente conciente, quizá el primer caso y con seguridad uno de los más netos, de producción de tecnología a partir de conocimientos científicos empleados en forma sistemática. En su cuaderno de notas Edison definió ese objetivo con admirable claridad: "Electricity versus gas a general illuminant. Object: electricity to effect exact imitation of all done by gas, to replace lighting by gas by lighting by electricity, to improve the illumination to such an extent as to meet all requirements of natural, artificial and commercial conditions". Para ello se sirvió de los descubrimientos científicos que habían reaizado Ohm, Oersted, Laplace, Joule y sobre todo Faraday. Con ellos, fabricó tecnología eléctrica, no sólo sus dos inventos centrales —la lámpara eléctrica y la usina— sino varios centenares más, imprescindibles para explotar aquellos dos, entre los cuales un tipo de dínamo, el regulador de voltaje, el medidor de Kw-h, llaves, fusibles, aisladores para cables, interruptores, etc.
21. La producción conciente de tecnología, realizada mediante lo que ahora llamamos ID, dio pues origen a la industria eléctrica —y han sido tecnología e ID las que han hecho posible su impresionante desarrollo, uno de los más espectaculares en toda la actividad económica (en la mayor parte de los países, la producción y comercialización de energía eléctrica y sus aplicaciones ha crecido —y sigue creciendo— a una tasa anual acumulativa promedio del 7 al 10%). Resulta muy ilustrativo hacer una lista parcial de los principales desarrollos tecnológicos realizados en este sector en sólo 8 décadas.

- El sistema de generación de Edison (corriente continua) incluyendo el dínamo y todas sus partes (reguladores, llaves, interruptores, etc.)
- La turbina de vapor como el principal convertidor de energía térmica en energía eléctrica.
- La turbina con ciclo de recalentamiento, a alta temperatura y alta presión.
- La refrigeración por hidrógeno de los grandes turbo-alternadores.
- La refrigeración de estatores con líquidos circulantes por conductores huecos.
- La caldera enfriada con agua.
- La caldera a presión supercrítica.
- La caldera que utiliza carbón pulverizado.
- La torre de enfriamiento, que independiza la ubicación de la usina.
- El transformador de corriente alterna.
- La red de transmisión en alta tensión.
- El sistema de relays de alta velocidad.
- El diseño de la aislación eléctrica de todo su sistema de transmisión.
- La red de distribución en corriente continua desarrollada por Edison.
- La red de distribución en corriente alterna.
- El desarrollo de sistemas de distribución hasta tensiones de 34.5 KV.
- La transmisión por corriente continua en alta tensión.
- El desarrollo de los sistemas de interconexión.
- El despacho unificado de energía entre diferentes centrales, programado y comandado por computadoras.
- El empleo de corriente portadora para comunicación, control, medición y protección de líneas de alto voltaje. .

Mayor impacto popular han tenido varios útiles y enseres electrodomésticos (la lámpara eléctrica, la plancha eléctrica, el tostador, el refrigerador, el lavarropas automático, el ventilador, el acondicionador de aire, la radio y la televisión) cuyo desarrollo fue impulsado por la electricidad y que, a su vez, impulsaron el desarrollo eléctrico.

El avance tecnológico sostenido ha producido drásticos aumentos en la eficiencia de las centrales: "...in 1923 three pounds of coal were required to generate 1 Kw-h. Since 1954 less than one pound has been needed. Shortly after 1900, one million Kw of electric power would have required 200 generators each rated at 5,000 Kw. The machinery necessary for this capacity would have filled several football fields. Today the same 1 million Kw are available from unit 200 feet long" (44).

Philip Sporn, Chairman del System Development Committee de la American Electric Power Company ha sintetizado expresivamente la gran significación que ID ha tenido en la industria eléctrica: "The growth that has taken place over the past 80 years has been influenced by the research, development and inventive skill of thousands of people, some of whom were without doubt entitled to be ranked among the great geniuses the world has produced" (45).

22. Para hacer frente a sus necesidades, la industria eléctrica ha inducido —e induce— importantes desarrollos tecnológicos en otros sectores industriales. Así, por ejemplo, en la manufactura de metales, aleaciones, materiales aislantes, etc. que son empleados en la fabricación de máquinas, equipos y redes utilizados en la producción y comercialización de electricidad. Entre otros se pueden citar los siguientes ejemplos:

- Materiales magnéticos blandos con pérdidas mínimas (especialmente hierro-silicio para transformadores eléctricos).
- Conductores de aluminio con alma de acero para la transmisión en alto voltaje.
- Cobre libre de oxígeno para ser utilizado en aquellas piezas y partes refrigeradas con hidrógeno.
- Materiales plásticos para recubrimiento aislante de conductores y cables.
- Cerámicas y vidrios para piezas aislantes.

— Manejo del carbón pulverizado como un fluido.

La creciente complejidad de los sistemas de transmisión y distribución así como la interconexión de un número cada vez mayor de subsistemas, ha necesitado relevantes desarrollos de "soft-ware" especialmente en álgebra de redes, estabilidad dinámica de sistemas, programación del despacho unificado de energía, estudios probabilísticos de oferta y demanda, etc.

23. No puede extrañar que en una industria que ha nacido y se ha desarrollado por acción de ID y la tecnología por ella producida existan numerosas e importantes empresas y fábricas de tecnología. En primer lugar las que pertenecen a las grandes empresas que producen y comercializan energía eléctrica: Electricité de France, Central Electricity Board de Gran Bretaña, Consolidated Edison de Nueva York, Ente Nazionale per l'Energia Elettrica, de Italia, etc. En todos estos organismos, grandes departamentos de investigación y desarrollo, de diseño e ingeniería, de análisis económico, etc. trabajan activamente en la producción y aplicación de conocimientos científicos y técnicos en el campo de la energía eléctrica y sus aplicaciones.

Luego las fábricas de tecnología de los grandes productores de máquinas, equipos y artefactos como General Electric, Westinghouse, Hitachi, Combustion Engineering, Associated Electric Industries, Brown Boveri, Ansaldo, Alsthom, Sony, Siemens, Philips, etc. En ellas se han producido algunos de los desarrollos tecnológicos más importantes.

Son importantes las empresas de ingeniería y consultoría a través de las cuales se comercializa —sobre todo en los países en desarrollo— la tecnología producida por las grandes empresas y fábricas.

Existen también empresas dedicadas exclusivamente a la producción y comercialización de tecnología eléctrica, como el Centro Elettrotécnico Sperimentale Italiano, el Laboratoire Central des Industries Electriques de Francia, la KEMA S.A. de Holanda, etc. En estas empresas los propietarios son generalmente empresas de servicio público asociadas con empresas productoras de equipos y materiales. Así, por ejemplo, en el CESI de Italia se asocian el Ente Nazionale per l'Energia Elettrica, la Azienda Elettrica Municipale de Milán, la Pirelli S. p. A. de Milán, la Compagnia Generale Di Elettricità de Milán, la Società Cerámica Italiana Richard-Genari de Milán, la Officina Transformatori Elettrici de

Bergamo y varias otras empresas más. Otro ejemplo interesante es el Electric Research Council de EE.UU. que define su objetivo como "a means by which the various segments of the electric utility industry in the United States can join together in cooperative sponsoring research of industry-wide importance" y que está integrado por diversas empresas (Northern States Power Company; Philadelphia Electric Co.; Consolidated Edison Co., de New York; etc.) asociadas con organismos como la Tennessee Valley Authority, la American Public Power Association, the National Rural Electric Cooperative Association, etc.

24. Inspirada en estos ejemplos y respondiendo a las necesidades de su propio desarrollo —tanto científico y técnico como eléctrico e industrial— se creó en Argentina, en enero de 1971, la Empresa Nacional de Investigación y Desarrollo Eléctrico S.A. (ENIDE) cuyo objetivo fundamental está definido en el artículo 4º inciso a) de su estatuto: "Producir, distribuir, comprar, vender, exportar, importar e intercambiar conocimiento técnico-científico en el campo de la energía eléctrica y sus aplicaciones". De acuerdo con esta definición, ENIDE S.A. es una empresa de tecnología eléctrica, la primera en su género en el país. Es una sociedad anónima de estado y sus socios son la Secretaría de Estado de Energía y Combustibles y tres empresas estatales productoras y comercializadoras de electricidad: SEGBA (Servicios Eléctricos del Gran Buenos Aires), Hidronor S.A. y Agua y Energía Eléctrica.
25. La creación de ENIDE obedeció a diversas circunstancias:
 - 25.1. La existencia de un mercado importante y en rápido crecimiento: la potencia eléctrica total instalada en servicio público es de 5.000 MW y deberá ser de 12.000 MW en 1980. (En 1971 el consumo de energía eléctrica fue 10.8% superior al de 1970). Para tal crecimiento, las empresas deberán invertir del orden de 350-400 millones de dólares por año, durante los próximos 10 años en equipos y materiales.
 - 25.2. En el campo de la energía eléctrica, la Argentina es neto importador de tecnología. Buena parte de los equipos y materiales, sobre todo en transmisión, distribución, control y medición se fabrican en el país pero en su gran mayoría con tecnología importada.
 - 25.3. En numerosas instituciones (universidades, institutos nacionales y provinciales de investigación, comisiones de energía atómica y de investigaciones espaciales, etc.) existe capacidad científico-técnica apta para la producción de tecnología eléctrica. La deman-

da interna es, sin embargo muy escasa y de poca significación cualitativa.

25.4. Por tratarse de un tipo de actividad con poca tradición en el país, sobre cuya necesidad no existe aún conciencia clara y que requiere capital de riesgo, solo el Estado está en condiciones de ponerla en marcha.

26. La creación de ENIDE provocó polémicas, en particular porque para algunos ENIDE no era más que un nuevo laboratorio de investigaciones mientras que para otros no sería sino una empresa consultora más que vendría a competir —en condiciones muy ventajosas por su naturaleza de empresa estatal— con las ya existentes en Argentina. Por cierto que ENIDE no es ni una cosa ni la otra y la confusión resulta fundamentalmente de que el concepto de “empresa de tecnología” no está aún suficientemente difundido en nuestro medio. Además en el inciso b) del artículo 4º de su estatuto se establece sus relaciones con otros organismos e instituciones: “Colaborar con aquellos organismos, institutos, universidades, centros de investigación, laboratorios públicos y privados, empresas consultoras y estudios de ingeniería que desarrollen actividades en el campo de la energía eléctrica y sus aplicaciones”.

En realidad ENIDE debería constituirse en un verdadero promotor de las actividades de investigación científico-tecnológico en el campo eléctrico así como en un proveedor permanente de tecnología para las empresas consultoras que hasta el presente sólo comercializan tecnología eléctrica importada.

27. Finalmente, el parágrafo c) del mismo artículo 4º define las acciones que efectuará ENIDE: “Realizar por sí y por terceros investigaciones, ensayos, estudios, proyectos y recomendaciones que brinden asistencia y apoyo técnico-científico a la administración pública centralizada, descentralizada, empresas y entidades en que el Estado participe, usuarios, concesionarios o pernisionarios de servicios públicos, industrias y particulares del país y del extranjero en todo lo relativo a la producción, transmisión, distribución, comercialización y aplicación de la energía eléctrica.

De esta manera ENIDE, al tiempo que se propone crear una estrategia para la producción o comercialización de tecnología eléctrica, procurará fomentar al máximo la creación de conocimientos en ese campo, descentralizando sus operaciones al utilizar recursos ya existentes o a crearse en otros organismos. Junto con su objetivo específico en el campo eléctrico ENIDE persigue también un obje-

tivo más general: el de servir de modelo de demostración que permita organizar otras fábricas de tecnología en otros sectores. Ello sólo será posible cuando los resultados hayan permitido evaluar el éxito (o fracaso) de esta primera experiencia.

NOTAS

- (1) Reportaje a A. M. Bueche, director del Research and Development Center de General Electric (International Science and Technology, February, 1967, p. 76).
- (2) El Comercio de Tecnología.
Jorge A. Sabato (trabajo presentado para CACTAL).
- (3) Beyond Economics.
K. Boulding (The University of Michigan Press, 1968).
- (4) Gaps in Technology Between Member Countries.
OECD, 1968.
- (5) La rentabilité de la recherche.
Pierre Maurice (Cahiers de l'ISEA, N° 148, Serie T, N° 4, 1964).
- (6) La Recherche-Development.
F. Russo et R. Ervres (Cahiers de l'ISEA, T. 1, N° 84, pp. 7-14).
- (7) Applied Science and Manufacturing Technology.
D. Frey y J. Goldman (Applied Science and Technological Progress, a report by the National Academy of Sciences, 1967).
- (8) Criteria for Company Investment in research, with particular Reference to the Chemical Industry.
H. Gershinowitz (Applied Science and Technological Progress, a report by the National Academy of Sciences, 1967, p. 137).
- (9) The industrial scientist.
D. Allison (International Science and Technology, Febrero 1967), p. 21.
- (10) Idem, p. 150.
- (11) Citado por D. Cordtz en "Bringing the Laboratory Down to Earth".
(Fortune, January 1971).
- (12) Applied Research, Definitions, Concepts, Themes.
H. Brooks (Applied Science and Technological Progress, a report by the National Academy of Sciences, 1967, p. 46).
- (13) Idem (10), p. 21.
- (13) (bis) Idem (11), p. 106.
- (14) Technology and Change.
Donald Schon (Dell Publishing).
- (15) Aviso de la General Telephone and Electronics (contratapa de la revista International Science and Technology, August 1965).
- (16) Aviso de la compañía Hoechst (New Scientist del 30/12/71).
- (17) Lema de la compañía General Electric que figura en todos los avisos que publica en más de 100 países.
- (18) Aviso de Enjay Chemical Company (contratapa de International Science and

Technology, July 1965).

- (19) Aviso de la Unión Carbide (International Science and Technology, August 1965, p. 65).
- (20) Aviso de Hitachi Ltd. (Business Week, September 18, 1971, p. 59).
- (21) Aviso de Bechtel (Business Week, September 18, 1971, p. 88).
- (22) Aviso de TWR (Scientific American, September 1971, p. 13).
- (23) Aviso de la Product Development Consultants (International Science and Technology, August 1967, p. 69).
- (24) Aviso publicado en The Economist, March 20, 1971, p. 10.
- (25) Cases of Research and Development in a Diversified Company.
C. Guy Suits and A. M. Bueche (Applied Science and Technological Progress, a report by the National Academy of Sciences, 1967).
- (26) Aviso publicado en la contratapa de International Science and Technology, August 1965.
- (27) El Marco Histórico del Proceso de Desarrollo y Subdesarrollo.
Osvaldo Sunkel (Cuadernos de ILPES, Serie II, N° 1, Santiago de Chile 1967).
- (28) Summary of the Proceedings.
Sumner Myers (Technology Transfer and Innovation, 1 National Science Foundation, 1966, p. 2).
- (29) La route 128.
(Le Progress Scientifique N° 134, octubre 1969, p. 11).
- (30) Roger Demonts (Economie Appliquée, Tomo XX, N° 4, 1967)
- (31) Idem (13 bis), p. 119.
- (32) Idem (12) p. 28.
- (33) Idem (8), p. 140.
- (34) The Times, January 10, 1972, p. 18.
- (35) Idem (13 bis), p. 120.
- (36) Idem (13 bis), p. 108.
- (37) Idem (28), p. 3.
- (38) Idem (25), p. 342.
- (39) Idem (13).
- (40) Idem (12), p. 10.
- (41) Idem (14).
- (42) Scientific and Technical Strategy at the National and Major Enterprise Level,
J. B. Quin (The role of Science and Technology in Economic Development,

Unesco 1970, p. 93).

(43) *Idem* (14), p. 117.

(44) Objectives, Organization and Activities of the Electric Research Council and the International Research Exchange.

G. E. Watkins (Presentado al 33rd. Annual Meeting of the American Power Conference, 1971).

(45) Research in Electric Power.

Philip Sporn (Pergamon Press, 1966).

(46) *Idem* (44), p. 4.