

Revolución científico-técnica y tendencias del capitalismo contemporáneo

Versión original de este texto:

Dos Santos, Theotonio (1987), *La revolución científico-técnica. Tendencias y perspectivas*, México, Facultad de Economía, UNAM.

Índice

La revolución científico-técnica tendencias y perspectivas.

I De la Revolución industrial a la Revolución científico-técnica.

II La automatización y la Revolución científico-técnica.

III La ciencia como inversión: Conceptos básicos

IV La Ciencia como inversión: Hechos y tendencias

V Investigación y desarrollo, monopolio y capitalismo de estado

1. Fuerzas productivas y relaciones de producción

Cuando empezamos el análisis de una formación socioeconómica como el capitalismo contemporáneo, debemos estudiar el nivel de desarrollo de las fuerzas productivas que ella alcanzó y las tendencias que sigue. Esta necesidad se hace aún más patente cuando estudiamos el capitalismo, un régimen de producción cuyo desarrollo lleva a una constante transformación de su base productiva.

Las fuerzas productivas que desató el capitalismo fueron muy poderosas y ganaron una dinámica propia que entra progresivamente en contradicción con la dinámica de la formación social en su conjunto. Es clásico el texto de Karl Marx en el Prólogo a la *Contribución a la Crítica de la Economía Política* donde afirma que una formación social solo desaparece definitivamente cuando no puede más continuar el desarrollo de las fuerzas productivas.

En esta misma oportunidad definía un período histórico revolucionario como aquél en el cual las fuerzas productivas desarrolladas por determinadas relaciones de producción se ven constreñidas por estas últimas (1). Conviene citar una vez más las palabras de Marx: “en la producción social de su vida, los hombres entran en determinadas relaciones necesarias e independientes de su voluntad, relaciones de producción, que corresponden a una determinada fase de desarrollo de sus fuerzas productivas materiales. El conjunto de estas relaciones de producción forma la estructura económica de la sociedad, la base real sobre la que se levanta la superestructura jurídica y política y a la que corresponden determinadas formas de conciencia social. El modo de producción de la vida material condiciona el proceso de la vida social, política y espiritual en general. No es la conciencia del hombre la que determina su ser, sino, por el contrario, el ser social es lo que determina su conciencia.

Al llegar a una determinada fase de desarrollo, las fuerzas productivas materiales de la sociedad entran en contradicción con las relaciones de producción existentes o, lo que no es más que la expresión jurídica de esto, con las relaciones de propiedad dentro de las cuales se han desenvuelto hasta allí. De formas de desarrollo de las fuerzas productivas, estas relaciones se convierten en trabas suyas. Y se abre así una época de revolución social. Al cambiar la base económica, se revoluciona, más o menos rápidamente, toda la inmensa superestructura erigida sobre ella. Cuando se estudian esas revoluciones, hay que distinguir siempre entre los cambios materiales ocurridos en las condiciones económicas de producción y que pueden apreciarse con la exactitud propia de las ciencias naturales, y las formas jurídicas, políticas, religiosas, artísticas o

filosóficas, en una palabra, las formas ideológicas en que los hombres adquieren conciencia de este conflicto y luchan por resolverlo. Y del mismo modo que no podemos juzgar a un individuo por lo que él piensa de sí, no podemos juzgar tampoco a estas épocas de revolución por su conciencia, sino que, por el contrario, hay que explicarse esta conciencia por las contradicciones de la vida material, por el conflicto existente entre las fuerzas productivas sociales y las relaciones de producción. Ninguna formación social desaparece antes de que se desarrollen todas las fuerzas productivas que caben dentro de ella, y jamás aparecen nuevas y más altas relaciones de producción antes de que las condiciones materiales para su existencia hayan madurado en el seno de la propia sociedad antigua. Por eso, la humanidad se propone siempre únicamente los objetivos que puede alcanzar, pues, bien miradas las cosas vemos que estos objetivos sólo brotan cuando ya se dan o, por lo menos, se están gestando, las condiciones materiales para su realización.

A grandes rasgos, podemos designar como otras tantas épocas de progreso, en la formación económica de la sociedad, el modo de producción asiático, el antiguo, el feudal y el moderno burgués. Las relaciones burguesas de producción son la última forma antagónica del proceso social de producción; antagónica, no en el sentido de un antagonismo individual, sino de un antagonismo que proviene de las condiciones sociales de vida de los individuos. Pero las fuerzas productivas que se desarrollan en el seno de la sociedad burguesa brindan, al mismo tiempo, las condiciones materiales para la solución de este antagonismo. Con esta formación social se cierra, por tanto, la prehistoria de la sociedad humana" (2)

Las tendencias generales que sigue históricamente la tecnología en el cuadro de un modo de producción responden a dos determinantes fundamentales: el dominio del hombre sobre la naturaleza y el dominio del hombre sobre el hombre para alcanzar este resultado. El primer aspecto se refiere al desarrollo de las fuerzas productivas y el segundo a las relaciones de producción. No se puede imaginar históricamente un desarrollo "neutral" de las fuerzas productivas que no esté intrínsecamente ligado a las relaciones de producción existentes. Pero es imposible también imaginar unas relaciones de producción que no estén ligadas intrínsecamente a un determinado desarrollo de las fuerzas productivas.

La dialéctica revolucionaria entre el desarrollo de las fuerzas productivas y las relaciones de producción sólo es posible porque son dos realidades relativamente autónomas, pero intrínsecamente ligadas entre sí por el modo de producción y las formaciones sociales. Si el desarrollo de las fuerzas productivas fuese neutral y completamente independiente de las relaciones de producción, como insinúa un cierto determinismo tecnológico, no sería posible que estas últimas se conviertan en obstáculos al avance de las fuerzas productivas pues este seguiría su lógica interna de manera independiente. Las relaciones de producción se convierten en un obstáculo histórico al desarrollo tecnológico precisamente porque lo condicionan y determinan. Por otro lado si las

relaciones de producción determinasen de manera absoluta las fuerzas productivas y éstas no tuviesen una autonomía relativa, condicionada por razones técnicas que escapen al dominio de las relaciones sociales, no habría una dialéctica revolucionaria entre las dos y el desarrollo de las fuerzas productivas no sería un acicate a la revolución y a la transformación radical de las relaciones de producción. La tesis pretendidamente revolucionaria pero de hecho funcionalista que subordina de manera absoluta el desarrollo de las fuerzas productivas a las relaciones de producción conduce necesariamente al subjetivismo y al voluntarismo izquierdista, mientras la acentuación de la autonomía de la tecnología conduce al reformismo y al conformismo políticos (3).

El vínculo entre el determinismo tecnológico y el reformismo político se establece porque ambos disminuyen el papel de las transformaciones socio-políticas y de las relaciones de producción como factor condicionante del desarrollo tecnológico. En consecuencia, la revolución socialista se presenta como un proceso histórico de adaptación evolutiva de la sociedad a los cambios efectuados en el régimen productivo. La ligazón entre el determinismo social y el voluntarismo político se evidencia porque ambos desvinculan la lucha de clases del proceso de apropiación de la naturaleza y olvidan así los condicionamientos que éste impone al proceso social. En consecuencia, la revolución aparece como un resultado directo de la lucha de clases, particularmente la conciencia y voluntad de la clase evolucionaria, sin ninguna limitación económica que impida o mediatice tal conciencia obligando a repliegues y ajustes tácticos y estratégicos. La dialéctica –como lo señala Lenin– es la negación de la visión unilateral del proceso histórico, solo hay dialéctica cuando este es visto en todas sus determinaciones, en la complejidad del universal concreto. Por esto ambas visiones son erradas y desvían el pensamiento y la práctica de su camino correcto.

En la introducción a este libro hemos examinado esos puntos de vista en un contexto más amplio. En este capítulo queremos señalar los aspectos más revolucionarios del progreso técnico, aquellos que se plantean en contradicción con el funcionamiento del modo de producción capitalista. En los capítulos posteriores veremos no solamente las limitaciones que impone el capitalismo al pleno desarrollo de la revolución científico-técnica y a la automatización que son el resultado histórico del desarrollo de las fuerzas productivas bajo el capitalismo, sino también las formas especialmente explotadoras y enajenantes que el sistema utiliza para realizar de manera incompleta y deformada la apropiación de la naturaleza a través de la actividad productiva de los trabajadores técnicos y los científicos.

2. ACUMULACIÓN CAPITALISTA Y CAMBIO TECNOLÓGICO

Mientras el capital domine el proceso productivo, la ciencia y la tecnología estarán sometidas al principio de la explotación del trabajo del incremento de la plusvalía y de la tasa de ganancia. En este sentido no se puede hablar de un desarrollo "neutral" de la ciencia. Sin embargo, el proceso del conocimiento y de la apropiación de la naturaleza rebasa los límites estrechos de la lógica del modo de producción capitalista y pone bajo el dominio del hombre fuerzas productivas que el capitalismo no puede aplastar totalmente y que producen consecuencias sociales y políticas que él no puede determinar. Esa dialéctica es la que produce la crisis general de las formaciones sociales capitalistas por su incapacidad de poner al servicio de la sociedad las potencialidades productivas que el propio modo de producción capitalista desarrolla.

Veamos pues, en que consistió el aporte del modo de producción capitalista al desarrollo de la tecnología para estudiar en seguida las limitaciones que las relaciones de producción capitalistas imponen a su desarrollo ulterior y las contradicciones que se producen en consecuencia. A título introductorio es necesario señalar aún que el desarrollo de las fuerzas productivas en la etapa contemporánea rebasa el cuadro del modo de producción capitalista. Las formaciones sociales nuevas que se apoyan en la propiedad estatal de los medios de producción y en la planificación y que conforman el campo socialista han alcanzado un grado de desarrollo de las fuerzas productivas que les permite impulsar su propia tecnología, la que se desarrolla sin las trabas impuestas por la propiedad privada de los medios de producción y el mercado capitalista. De esta manera, al considerar el desarrollo de las fuerzas productivas en la etapa contemporánea no podemos ignorar el aporte del campo socialista y su influencia sobre el modo de producción capitalista –sea como estímulo a la introducción de nuevas técnicas (sobre todo en el campo militar), sea como estímulo a la investigación, la invención y a la adopción de soluciones económicas más integrales. En los países capitalistas, la organización y conciencia de la clase obrera es el factor principal que limita el uso indiscriminado de las potencialidades que entrega la tecnología para profundizar la capacidad de explotación que encierra cada avance tecnológico y su acción política organizada condiciona también el desarrollo de la ciencia y la tecnología a pesar de no cambiar su contenido esencial de clase que continúa siendo determinado por el orden social existente y por las leyes de funcionamiento que lo caracterizan.

Hechas esas consideraciones generales podemos estudiar entonces las tendencias del desarrollo de la tecnología bajo el capitalismo hasta su expresión actual. La guía para este análisis será la obra de K. Marx que logró a mediados del siglo XIX anticipar con gran audacia esas tendencias e integrarlas por primera vez a un análisis teórico de las leyes de movimiento del modo de producción capitalista. (4)

Antes del capitalismo, el desarrollo tecnológico había sido importante para la humanidad, pero su ritmo había sido muy lento. De hecho, gran parte de las invenciones que el hombre produjo hasta el capitalismo, eran producto de una acumulación de conocimientos muy lenta, relativamente poco sistemática. Asimismo no se establecía una relación clara entre el conocimiento científico del mundo físico y social y su aplicación al sistema productivo.

Cuando el capitalismo logró realizar la síntesis entre el desarrollo del sistema productivo y el desarrollo del conocimiento humano sistemático, la técnica pudo utilizar muchos conocimientos que se habían producido en etapas anteriores y que sólo entonces encontraron la posibilidad de aplicarse.

La razón por la cual el modo de producción capitalista pudo absorber de manera revolucionaria el conocimiento técnico anterior impulsó con una intensidad desconocida hasta entonces el desarrollo de las fuerzas productivas y de la ciencia, se encuentra en el mismo carácter de la acumulación del capital. La producción capitalista se apoya en la tajante separación entre el trabajador y sus medios de producción, que pasan a ser propiedad del capital. Por esta razón, el capitalista fundamenta sus ganancias de manera directa sobre el aumento de la productividad del trabajo de un lado y la baja del valor de los medios de producción, del otro. El aumento de la tasa de ganancia solo puede obtenerse en estas condiciones a través del aumento de la jornada de trabajo (plusvalía absoluta) que encuentra sus límites en la resistencia de los trabajadores y en la propia naturaleza humana, o a través de la intensificación del trabajo o aún a través de la aplicación del conocimiento científico a la producción para así obtener un mayor número de productos con menos tiempo de trabajo. Ahorrar tiempo de trabajo, esta es la consigna que da el sentido revolucionario al capitalismo. Pero, el capitalista no ahorra tiempo de trabajo para disminuir la carga laboral de los trabajadores. El lo ahorra para cubrir lo más rápidamente posible el tiempo de trabajo necesario para reproducir la fuerza de trabajo y apropiarse del tiempo excedente, fuente de la plusvalía. Como veremos en el transcurso de este libro, hay una contradicción inherente a este proceso pues la disminución del tiempo de trabajo necesario para producir los productos disminuye también la cantidad de valor incorporado en cada producto y amenaza así la tasa y la masa de plusvalía o trabajo excedente del que puede apropiarse el capitalista en condiciones de competencia. Pero no nos adelantemos en nuestro razonamiento, por el momento nos cabe constatar este hecho radical para diferenciar el capitalismo de los modos de producción que lo antecedieron: su hambre de trabajo vivo excedente, que lo lleva a revolucionar la base tecnológica de la sociedad.

La diferencia específica del modo de producción capitalista en relación a los modos de producción anteriores, en lo que se refiere al desarrollo de las fuerzas productivas, está pues en su capacidad de aplicación de los conocimientos científicos y tecnológicos a la producción y a los procesos productivos. Esta posibilidad histórica,

que viene acrecentándose a partir de los últimos 30 años como resultado de la ley acumulativa que preside el desarrollo del conocimiento científico, pudo realizarse originalmente a través del proceso de desarrollo de la manufactura, la división del trabajo y la cooperación entre los trabajadores y finalmente a la concentración que supone este desarrollo.

3. LA PRODUCCIÓN MANUFACTURERA Y EL SURGIMIENTO DE LA MÁQUINA-HERRAMIENTA

En la producción manufacturera ya se presentaban embrionariamente estos tres elementos fundamentales (división del trabajo, cooperación y concentración). La manufactura había permitido que los comerciantes y (financieros) europeos del siglo XVI y XVII lograsen poner bajo su control gran parte de la producción artesanal de su período. En un primer momento, este control se ejerce de una manera indirecta, utilizándose el sistema productivo anteriormente existente. El comerciante entregaba materias primas para los artesanos y aseguraba la compra de sus productos poniéndolos a laborar para él sin cambiar en nada sus condiciones de trabajo. En seguida, el comerciante va a entender que en la medida en que concentre estos trabajadores en alguna parte, podrá ejercer un control más rígido sobre su actividad productiva, acelerándola e intensificándola. La concentración física de los trabajadores permitió que se diera el paso siguiente en el sentido de superar al productor individual de cada pieza y separa la producción de un bien final en varias etapas, dividiendo el trabajo entre distintos trabajadores que pasaban a especializarse en un momento determinado de la actividad productiva. Surge así, la división técnica del trabajo y el embrión de la cooperación entre los distintos trabajadores, pues, al dividir el trabajo en varias etapas se supone que la actividad de cada trabajador pasa a ser complementaria de la actividad de los otros. Este paso histórico fue fundamental para permitir la evolución de la manufactura hacia la industria moderna.

Esta evolución está ligada a la capacidad que se va desarrollando dentro de la manufactura y posteriormente en la industria de especializar cada tarea, de tal manera que los movimientos de los trabajadores en los distintos momentos de la producción de un bien, sean tan rutinarios que se aproximen a un movimiento absolutamente mecánico. Esta especialización de la actividad productiva permite que se sustituya parte de la actividad del trabajador por un objeto mecánico –la herramienta de trabajo-. De tal manera, se va produciendo la separación entre la producción directa de un bien y la habilidad específica del trabajador, restringiéndola cada vez más a la capacidad de ejecutar ciertos movimientos ya planeados. En seguida esta habilidad puede ser sustituida por la máquina-herramienta, es decir, se puede sustituir la energía humana directa que mueve la herramienta sea por algún otro tipo de energía que alimenta la máquina, sea por un esfuerzo menor del trabajador para mover la máquina y no directamente la herramienta.

El surgimiento de la máquina-herramienta plantea la necesidad y la posibilidad de que se utilicen nuevas formas de energía. Pero, es necesario tener claro que el paso fundamental es el de la creación de la máquina herramienta, pues ella es la condición para que se pueda aplicar al proceso productivo la mayor y más concentrada potencia energética obtenida a través de la canalización tecnológica de las fuerzas naturales. Es evidente que en la medida en que se puede sustituir la energía humana y animal por una energía física, se crean las condiciones para realizar un salto histórico muy grande el cual se va a dar en consecuencia de la aplicación de la energía a vapor al desarrollo del transporte, las máquinas herramientas y la producción en su conjunto. Dialécticamente, la posibilidad de utilizar una energía más potente y permanente llevará a una revolución en la fabricación de las máquinas y en todo el sistema productivo.

4. LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL, LA MÁQUINA Y EL SISTEMA DE MÁQUINAS

Sin embargo, la literatura, sobre el tema pone en general excesivo énfasis en el surgimiento de la máquina a vapor como la causa de la revolución industrial. Analizando este problema en *El Capital*, Karl Marx decía que la máquina a vapor tal como existió durante el período de la manufactura, desde su invención, a fines del siglo XVII hasta el año de 1780, no trajo ninguna revolución industrial. Fue por el contrario, la creación de las máquinas herramientas la que hizo necesaria la máquina a vapor revolucionada. Desde el momento en que el hombre, en lugar de actuar con la herramienta sobre el objeto de trabajo, actúa únicamente como el factor impulsor de una máquina herramienta, pasa a ser puramente accidental el instante en el cual el agua, el viento y el vapor pueden reemplazar la utilización de los músculos humanos como fuerza motriz.

Más adelante concluye Marx: la máquina, punto de partida de la revolución industrial, sustituye pues al trabajador que maneja una herramienta por un mecanismo que opera con varias herramientas a la vez, y que recibe el impulso de una fuerza única, cualquiera que sea la forma de esta. Sin embargo, la máquina herramienta es el elemento simple de la producción mecánica. (5)

Con el desarrollo de la energía a vapor, se abren nuevas perspectivas para el implemento de la máquina herramienta y de la tecnología en general. La herramienta pasa a ser, entonces, simplemente un momento, una unidad dentro del conjunto del proceso productivo. La propia máquina-herramienta pasa a ser una parte de un sistema productivo más amplio que es la máquina, la cual puede mover varias máquinas herramientas, transformándolas en unidades de un sistema productivo integrado. Con eso se crea la posibilidad de que las máquinas se combinen entre sí, produciéndose así un proceso de cooperación de varias máquinas o un sistema de máquinas, como lo plantea Marx apoyándose en Ure y Babbage. (6)

En el sistema de máquinas el rol del trabajador pasa a ser el de ayudar a controlar el movimiento de las máquinas, o ajustar el movimiento de la materia prima de la máquina, ajustar partes, traspasar los productos de una máquina a otra. En la medida en que el sistema de máquinas se va perfeccionando, van a surgir a fines del siglo XIX y comienzos del XX, las líneas de montaje que permiten que el producto vaya siendo trasplantado mecánicamente de una máquina hacia otras, hasta su forma final.

Con el desarrollo de la máquina, se produce un importante cambio en el carácter mismo del sistema productivo. La división del trabajo que dio origen a la manufactura se apoyaba en la capacidad productiva de cada uno de los obreros que componían el conjunto de la manufactura. Al especializar la producción, se tomaba en consideración, sobre todo, la capacidad de los obreros de producir determinados bienes o determinadas partes de los mismos.

Como lo afirma Marx, este principio subjetivo de la división del trabajo ha dejado de existir en la producción mecánica. Ella se hace objetiva, es decir, se emancipa de las facultades individuales del obrero, el proceso productivo total se agota en sí mismo, se divide en sus principios constituyentes, en sus diferentes fases y el problema que consiste en ejecutar cada uno de los procesos parciales y enlazarlos entre sí, se resuelve mediante la aplicación de la mecánica, la química, etc.

De cierta manera, en esta forma todavía primitiva del sistema de máquinas que Marx conoció en su época, ya estaban dadas las bases de un fenómeno que conoceremos mejor en nuestra época: la tendencia del desarrollo del sistema de las máquinas era la de excluir al máximo la participación directa del hombre en la actividad productiva, de tal manera que la máquina combinada tendía a tomar la materia prima y transformarla en un producto final sin la participación del hombre. Lo que Marx llamó un sistema de maquinismo, constituye por sí mismo un gran autómatas movido por un motor que se activa por sí solo.

Con el curso cada vez más técnico que toma la producción se va haciendo necesaria una mayor sistematización del funcionamiento de las empresas y de los conocimientos humanos, y se produce una relación creciente y cada vez más directa entre la actividad productiva y la actividad de creación de los conocimientos científicos, así como se va estimulando la búsqueda de nuevas formas de energía que que puedan mover estas grandes máquinas y, desde el punto de vista de la actividad humana general y del trabajo se constituye un nuevo tipo de trabajo, que complementa la acción de un conjunto de máquinas que cooperan entre sí en vez de transformar directamente la naturaleza.

Así se expresa Marx sobre este proceso de transformación del trabajo: "El medio de trabajo adquiere en el maquinismo una forma de existencia natural que exige la sustitución de la fuerza del hombre por fuerzas naturales y la rutina por la ciencia. En la manufactura, la división del proceso de trabajo es puramente subjetiva, es una combinación de obreros parciales. En el sistema de máquinas, la gran industria crea un organismo de producción totalmente objetivo o impersonal, con el cual el obrero se encuentra en el taller como condición material ya preparada de su trabajo. En la cooperación simple, e incluso, en aquella que está basada en la división del trabajo, la sustitución del trabajador aislado por el trabajador colectivo parece, todavía, más o menos accidental. El maquinismo, con algunas excepciones que mencionaremos más adelante sólo funciona con un trabajo socializado a común. El carácter cooperativo del trabajo, se convierte en este caso, en una necesidad técnica impuesta por la misma naturaleza de su medio. (8)

Después de la muerte de Marx, se va a producir un desarrollo tecnológico que sigue exactamente las direcciones por él planteadas.

5. LA PRODUCCIÓN MASIVA, LA AUTOMACIÓN Y LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA

A fines del siglo pasado y en el siglo XX, van a surgir nuevos procesos de producción masiva que son resumidos en el siguiente texto de Bernal: "La secuela lógica del desarrollo de la producción en serie con líneas de producción que contienen máquinas más o menos complejas y ligadas entre sí, simplemente por operadores es la automatización de todo el proceso, es decir, la combinación de máquinas individuales, completamente automáticas, y de alguna forma de máquinas de transferencia para pasar las piezas de una máquina a la siguiente. En las industrias altamente mecanizadas, particularmente las industrias de motor y de maquinarias, estos procesos fueron todavía más lejos. Esto se hizo posible ahora, con resultados de mucho más alto nivel, por la introducción de los computadores electrónicos como controladores esenciales de todo el proceso. Ya no se trata solamente de combinar máquinas de una sola línea de producción ahora automatizada, sino de combinar líneas de producción automatizadas en un proceso total de producción, empezando, por ejemplo, con las materias primas y terminando con la máquina que la empaqueta. Estamos ahora claramente, en un período de transición para la completa automatización. (9)

Vemos así que el proceso sigue una dirección general de automatización de la producción, y la expresión final que conocemos hoy día, de este proceso se liga a la aplicación de la computación a la programación y auto-

control del proceso productivo, que significa un cambio de calidad en el proceso de automatización y que trataremos más en detalle en el próximo capítulo.

La separación entre la actividad productiva y la actividad del obrero, evolucionó desde la etapa en que el obrero tenía la función de manufacturar el producto utilizando su capacidad subjetiva hasta la fase en que la máquina-herramienta funciona con la ayuda del obrero; en seguida este pasó a ocupar una función de ayuda o de control de las máquinas que realizaban la producción y en el momento actual, se desplaza la actividad humana, cada vez más, hacia el control de las máquinas computadoras que controlan el conjunto del sistema productivo y que incluso planifican este sistema y lo vigilan.

El proceso de mecanización, es el proceso por el cual el obrero es sustituido en la posición de unidad productiva, es decir, de centro del proceso productivo, por la máquina que pasa a ocupar esa función de unidad productiva. Este proceso evoluciona en seguida hacia la automatización, con ella las tareas de programación, control y rectificación de la producción se transfieren a la computadora, y al mismo tiempo, la fábrica empieza a convertirse ella misma en la unidad productiva. En el futuro la fábrica o empresa será sustituida por ramas completas de la producción enteramente automatizadas que se convertirán en verdaderas unidades productivas bajo el control de una computadora central.

Como se ve, el proceso de la automatización no hace más que profundizar la tendencia hacia la concentración que había alcanzado un nivel muy elevado en los siglos XIX y XX y al mismo tiempo, va revolucionando la división del trabajo y las formas de cooperación que, como vimos, son profundamente afectadas por la sustitución de la manufactura por la maquinofactura y esta por los procesos productivos automatizados.

La tendencia, por lo tanto, a la concentración es parte integrante del desarrollo de la tecnología moderna y no sólo de la tecnología tomada desde la perspectiva de las máquinas, de los instrumentos que se utilizan para la producción, sino tomada también en el sentido de las unidades productivas, de los sistemas de producción, de las organizaciones productivas que cambian con el desarrollo de las fuerzas productivas.

Con el proceso de automatización que empieza a aplicarse en los años de 1950, la ciencia deja de ser un elemento auxiliar del sistema productivo para convertirse en parte de él y de la propia actividad productiva que pasa a ser una rama aplicada de la actividad científica.

El desarrollo aún incipiente de la automatización o automación se apoya en los procesos de quimización que constituyen las antiguas materias primas naturales por materiales de origen sintético, cuya fabricación es

cada vez mas automatizada y cuya utilización como material básico de la producción facilita e impulsa la automatización. Por otro lado, ese aumento del potencial productivo automatizado permite e impulsa la utilización de formas energéticas superiores en su continuidad y potencia como la atómica, de hidrógeno, solar, etc. Si ligamos estas transformaciones en los procesos productivos con los cambios consecuentes en los transportes e instrumentos de comunicación podemos apreciar la dimensión radical de los mismos y entender el papel cada vez más directo de la ciencia en la producción. El concepto de revolución científico-técnica, desarrollado en los países socialistas, procura expresar este momento radical, cuyo comienzo ya se materializó en nuestro tiempo, pero que se encuentra aún en sus inicios, en el cual la ciencia pasa a ser la fuente principal de las transformaciones revolucionarias en el sistema productivo, desde la producción material hasta su concepción y gestión, las que afectan asimismo las demás dimensiones de la actividad económica y cultural. En el próximo capítulo nos abocaremos al estudio de esta revolución científico-técnica y del papel primordial que en ella ocupa la automatización. En seguida veremos el papel creciente de la actividad científica en la producción y los efectos de la revolución científico-técnica sobre la formación del excedente económico y sobre su utilización. Estudiaremos posteriormente los efectos de tales cambios sobre la división del trabajo y las formas de cooperación sobre el resultado final de todo proceso productivo el cual es el propio productor, es decir, el trabajador, el hombre.

NOTAS DEL CAPÍTULO I

- (1) Nunca está de más releer este texto clásico de Marx que ha dado origen a un debate exasperado en el marxismo. Algunos autores consideran este texto una expresión de determinismo económico y tecnológico (véase la ofensiva del pensamiento prochino en el sentido de negar la autonomía relativa del desarrollo de las fuerzas productivas en los libros recientes de A. D. Magaline, *Lutte de Classes et Dévalorisation du Capital-contribution a la Critique du Révisionnisme*, Ed. Maspero, Paris, 1975; Manuel janco y Daniel Furjot, *Informatique et Capitalisme*, Ed. Maspero, Paris, 1972; Benjamín Coiat, *Science, Technique et Capital*, Ed. Seuil, París, 1976; Harry Braverman, *Capitalismo Monopolista y Trabajo*. Ed. Nuestro Tiempo, México, 1976), Sin embargo, la condensada síntesis teórica realizada en este texto corresponde rigurosamente al pensamiento marxista sobre las relaciones entre las fuerzas productivas y las relaciones de producción y permite articular los trabajos incompletos de Marx en una visión coherente y sistemática del proceso histórico.

- (2) El texto se cita según la versión de las *Obras Escogidas* en dos tomos de Marx y Engels, Ed. Progreso, Moscú, Vol. I, ps 343-344.
- (3) En la nota anterior hemos señalado la polémica iniciada por el pensamiento “maoísta” europeo en contra de la autonomía relativa del desarrollo de las fuerzas productivas. Para los “maoístas” las fuerzas productivas son siempre una expresión del modo de producción existente. A. D. Magaline, por ejemplo, se dedica en el libro citado en la nota anterior, a resolver las ambigüedades que su visión funcionalista estructuralista del método científico encuentra en la obra de Marx y plantea claramente la tesis: “Las fuerzas productivas están determinadas en su naturaleza y en su tipo de desarrollo por las relaciones de producción dominantes y por la lucha de clases que estas relaciones condicionan.” (op. cit., p. 52). En consecuencia, no hay una autonomía relativa de las fuerzas productivas como lo sugieren los textos “precientíficos” de Marx. La lucha por la apropiación de la naturaleza y las determinaciones que ella produce sobre el desarrollo de los medios de producción, la división del trabajo, las formas de propiedad, etc., no tienen ningún papel en la revolución. Esta es un producto puro de la lucha de las clases sociales ¿y por qué luchan esas clases?
- (4) Marx y Engels desarrollaron sus concepciones sobre la relación entre el desarrollo tecnológico y científico y el modo de producción capitalista desde su juventud en obras como *La Ideología Alemana* de Marx y Engels y *La Miseria de la Filosofía*, de Marx. Posteriormente en el prólogo citado y en los Elementos Fundamentales para la Crítica de la Economía Política y en *El Capital*, Marx perfeccionó su tratamiento del tema. Engels también ha hecho aportes al tema sobre todo en el Anti-Duhring y otros trabajos menores. Un interesante resumen del pensamiento de Marx sobre el tema se encuentra en Aleksandr A. Kusin, *Marx e la Tecnica*, Mazzotta, Milano, 1975.
- (5) “La misma máquina de vapor, tal y como fue inventada a fines del siglo XVII, durante el período de la manufactura y en la forma que persistió hasta el año de 1780 aproximadamente, no provocó ninguna revolución industrial. Fue, por el contrario, la creación de las máquinas herramientas la que obligó a revolucionar la máquina de vapor. A partir del momento en que el hombre, en vez de actuar directamente con la herramienta sobre el objeto trabajado, se limita a actuar como fuerza motriz sobre una máquina-herramienta, la identificación de la fuerza motriz con el músculo humano deja de ser un factor obligado, pudiendo ser sustituido por el aire, el agua, el vapor, etc.” *El Capital*, F. C. E., Vol. I ps. 305-306. En el capítulo XIII del primer volumen de *El Capital* es donde Marx trata más sistemáticamente el tema bajo el título de “Maquinaria y Gran Industria”.
- (6) Los estudios sobre la tecnología efectuados por Marx se apoyaron básicamente en la obra de estos dos tecnólogos: Andrew Ure, *Philosophie des Manufactures*, y Charles Babbage, *On the Economy of Machinery and Manufactures*. Además de realizar un curso práctico en el Instituto de Geología, Marx realizó amplios estudios sobre la historia de la tecnología y de la ciencia, reunidos en sus *Cuadernos sobre la Tecnología*.

- (7) Hay varias historias de la tecnología y la ciencia, entre las cuales la de J. D. Bernal ocupa un lugar destacado (*Science in History*), Pelican Book 3 Vols. La edición en español fue publicada por la Editorial de la Universidad Nacional Autónoma de México bajo el título de *La Ciencia en la Historia*). Un interesante resumen de los cambios tecnológicos en Europa Occidental se encuentra en el capítulo V del volumen VI de la *The Cambridge Economic History of Europe*, titulado *The Industrial Revolution and After*. Cambridge, 1966. Una visión más didáctica de la historia industrial del siglo XIX, se encuentra en Tom Kemp, *La Revolución Industrial en la Europa del Siglo XIX*, Libros de Confrontación, Barcelona, 1974.
- (8) *El Capital*, Vol. I. Capítulo sobre maquinaria y gran industria.
- (9) J. D. Bernal, (*Science in History*), Pelican Book, Vol. 3, p. 817.

II. La Automación y la Revolución científico-técnica

1. LA AUTOMACIÓN

En el primer capítulo estudiamos la evolución de la tecnología en el interior del modo de producción capitalista y vimos como resultado histórico es una nueva etapa del desarrollo de las fuerzas productivas en que se crean las condiciones potenciales para separar definitivamente al trabajador de la producción directa y someter la actividad productiva a la planificación científica. Este paso histórico se da en una época en que el modo de producción capitalista ya no es la única fuente de creación de conocimientos científicos y de tecnología pues el desarrollo del campo socialista introduce una dinámica paralela y a veces alternativa a la evolución científica que se realiza dentro del modo de producción capitalista.

El objetivo de este capítulo es analizar las potencialidades de estos cambios fundamentales de las fuerzas productivas que están en proceso. Es necesario señalar, sin embargo, que se trata de un proceso embrionario, que no logró cambiar aún radicalmente la estructura industrial anterior pero que representa el factor dinámico de la realidad actual. Uno de los objetivos principales de este libro es precisamente delimitar las contradicciones que se producen entre las tendencias del desarrollo de las fuerzas productivas y las relaciones de producción capitalistas. Estas contradicciones no se presentan solamente en función de un futuro próximo sino que actúan en la situación inmediata. Por esta razón el capitalismo contemporáneo no solo se mueve de estas leyes de desarrollo de las fuerzas productivas sino va buscando también ajustarlas a sus límites estructurales, desviando los esfuerzos científicos y técnicos y los conocimientos producidos hacia una dirección teórica y una aplicación práctica compatible con las relaciones de producción decadentes del capitalismo. Es dentro de este marco dialéctico que pretendemos estudiar las tendencias de la automatización y de la revolución científico-técnica en el capitalismo contemporáneo. Se hace necesario, en algunos momentos, recurrir al análisis de esas mismas fuerzas productivas en las formaciones sociales nuevas basadas en la propiedad colectiva de los medios de producción, en la planificación y en una forma de Estado identificada en lo esencial con los intereses de la clase productora directa.

Pasemos, por lo tanto, a estudiar someramente las características de la automatización. Acordémonos, sin embargo, que en este capítulo nuestro objetivo se reduce solamente al análisis de las tendencias generales de desarrollo de las fuerzas productivas que forma la base estructural del capitalismo contemporáneo. De un

lado, la propia formación social en estudio impulsa estas tendencias, pero, de otro lado, ellas le plantean al capitalismo cuestiones que él se demuestra incapaz de responder. Lo que más nos interesa aquí, por lo tanto, es una caracterización muy general de lo que es la automatización y la revolución científico-técnica, así como sus tendencias de evolución, para determinar sus efectos posibles sobre la formación social capitalista contemporánea.

En un seminario de la OCDE realizado en 1966, en París, sobre aspectos de la mano de obra, de la automatización y el cambio técnico, se apuntaron de manera general algunas de las tendencias básicas que los estudios contemporáneos nos permiten vislumbrar en lo que respecta al desarrollo tecnológico y la automatización (1).

El profesor E. R. F. W. Grossman de la Universidad de Oxford, distingue tres factores de producción de carácter tecnológico: en primer lugar, los materiales que se utilizan para la producción; en segundo lugar, la energía que se necesita para manipular estos materiales de la manera deseada; y en tercer lugar, la información que determina qué hacer y cómo manipularlos.

Las máquinas están cumpliendo estas dos últimas funciones. La revolución industrial sustituyó el trabajo humano en lo que respecta a la energía necesaria para manipular los materiales. La automatización viene a sustituir el trabajo humano en la información que determina qué hacer y cómo hacerlo. Esto se debe, sobre todo, al desarrollo de los computadores electrónicos digitales y recientemente a los minicomputadores.

Así, él define la automatización como la sustitución del cerebro humano por versátiles máquinas de procesos de información. Esto podría ser llamado también, según el profesor Grossman, cibernación, de la palabra cibernética. El resultado de este proceso es, por lo tanto, que el hombre ya no sólo no tiene que ayudar a la máquina como antes de la revolución industrial, sino que se separa casi completamente de toda la actividad productiva. Estos cambios, están dentro de un proceso general que el Profesor Grossman llama de automatización, término utilizado también por otros autores, como George Friedmann (2), que se refiere al proceso general que hace la producción cada vez más automática, incluyendo el uso de máquinas, procesos de información para propósitos especiales y equipos de transmisión.

En lo que respecta al proceso específico de automatización se producen cambios cualitativos en relación a los procesos de automatización anteriores (3). El profesor André Philipe plantea que en los nuevos avances tecnológicos la máquina ya no se concibe en término de productos a ser manufacturados, sino en término de funciones a ser cumplidas. Mientras los equipos antiguos eran diseñados para producir un producto final, los nuevos equipos consisten en pequeños bloques funcionales que son capaces de actuar en todas las operaciones productivas y que pueden adaptarse a cualquier momento de la producción en que son requeridos.

Desde el punto de vista estrictamente mecánico, la automatización está reemplazando series de máquinas individuales por un sistema completo de procesos integrados. Se podría decir, entonces, según el profesor Philippe, participante del seminario internacional ya citado, que se está entrando en una segunda revolución industrial (4). Sin embargo podríamos pensar que de hecho estamos superando la era de la revolución industrial y entrando en un nuevo estadio de la civilización, como lo piensan varios autores. Habremos de precisar estas cuestiones en nuestro trabajo.

Para tener una idea de la importancia del uso de computadores, debemos hacer un balance de la rama de la industria de los computadores, el ritmo de su producción, el carácter de su utilización y los constantes cambios tecnológicos del sector que abren nuevos horizontes a su utilización.

2. LA INDUSTRIA DE LOS COMPUTADORES Y LA AUTOMACIÓN

A pesar de que los antecedentes de la automatización no se limiten al desarrollo de la computación electrónica, el surgimiento de esta nueva rama de la electrónica trastornó definitivamente y radicalmente las posibilidades de la automatización y la descripción de sus características fundamentales y su importancia debe servir de base a cualquier estudio de los efectos económicos y sociales de la tecnología contemporánea.

La producción de los computadores después de un complejo proceso evolutivo que va desde los ideales de creación de autómatas en la antigüedad, a la tradición del cálculo y sus varias expresiones técnicas, hasta las precisiones teóricas de Pascal en el siglo XVII, los intentos de Babbage por construir una máquina analítica a mediados del siglo XIX, el surgimiento de la numeración binaria (álgebra de Boole) a mediados del siglo XIX, la aparición de los tubos electrónicos en el comienzo del siglo XX y por fin su combinación en varios intentos parciales hasta la construcción del Mark I, el primer computador electromecánico en Harvard, por el profesor Aiken con la ayuda de la IBM. Otro hito definitivo será la construcción del ENLAC, primer computador electrónico por J. W. Mauckly y J. Eckert en 1945. (5) El 14 de junio de 1951, la Remington Rand pone en venta el primer computador comercial, el Univac 1 y su primer comprador fuera precisamente el Bureau of Census de los Estados Unidos. En 1953 la IBM, pone en venta su computador 701. La historia de los computadores pasa rápidamente por fases de cambios muy radicales que permite hablar de 3 generaciones. La primera generación de tubos al vacío (IBM 704) que es lanzado comercialmente en mayo de 1954 y cuyo costo de cálculo por 10,000 multiplicaciones era de 1.38 dólares. La segunda generación en base a los transistores (IBM 7090) se

lanza en diciembre de 1958 y tiene un costo de cálculo por 10, 000 multiplicaciones de 0.25 dólares. La tercera generación se basa en los circuitos miniaturizados (IBM 360) se lanza en abril de 1965 y tiene un costo de cálculo por 10, 000 multiplicaciones de 0.035 dólares (6).

El apoyo estatal para estas experiencias iniciales era fundamental. Algunos de los primeros modelos de computadores vendieron 1 o 2 ejemplares. Sólo con la aplicación de los transistores y el surgimiento de la segunda generación de computadores estos se convirtieron en bienes comerciales capaces de adquirir una dinámica que se mostró mucho mayor que cualquier expectativa. La disminución del volumen de los monstruos iniciales y sobre todo de su costo de producción y de operación permitió un gran salto en la industria de los computadores. En 1955 los computadores instalados representaban un valor de 200 millones de dólares. Siete años después, en 1962, este valor se había quintuplicado a 1,000 millones de dólares. Con el surgimiento de la tercera generación en 1965 los datos van a parecer milagrosos. Veámoslos.

En 1966 el valor de las ventas de computadores en el mundo era de 4,000 millones de dólares, en 1975 se calculaba un aumento para un orden cercano a los 13,000 millones de dólares.

Si tomamos el número de computadores en operación veremos que han aumentado de cerca de 2,000 en 1959 hasta cerca de 50,000 en 1967, cerca de 131,000 en 1971 y cerca de 280,000 en 1975.

Pero, estos aumentos tan prodigiosos de la industria de los computadores revelan muchas desigualdades internas que deben ser tomadas en cuenta.

En primer lugar, su distribución a nivel internacional revela una supremacía aplastante de los Estados Unidos. En 1971 había en este país 84,600 computadores que representaban el 64.6% de su número total en el mundo. Toda Europa tenía 27, 000 computadores (20.6% del total) de los cuales 7,800 estaban en Alemania Federal, 7,600 en el Reino Unido y 6,700 en Francia. En seguida, habían 8,680 computadores en Japón y 5,500 en la URSS, el 6.6% y el 4.2% del total mundial respectivamente. Este total era de 130,920 computadores que representaban un valor de 45,015 millones de dólares. Los valores de los computadores en Estados Unidos representaban el 2.72 % de su Producto Nacional Bruto, cifra en que solo le acompañaba cercanamente el Reino Unido con el 2.4 %. Según cálculos de 1973, la producción mundial de computadores debería elevarse en 1975 a 280,500 computadores y Estados Unidos debería de disminuir su peso porcentual al 53.4 % a favor sobre todo de Japón (pasaría al 12.6%), Europa (pasaría al 23.5% y la URSS (pasaría al 4.6%). Habiendo subido el valor de estos computadores a 85,000 millones de dólares, este representaría un aumento muy superior al del Producto Nacional Bruto de cada país en el período estudiado y un aumento significativo de la

proporción del valor en estas máquinas en relación al PNB: en Estados Unidos subiría al 3.45%, en el Reino Unido a 2.75% y en los demás estarían cercanos al 2%. (7).

Es significativo también considerar hacia qué sectores se destinan estos computadores. En 1960, de un total de 630 millones de dólares vendidos en computadores en Estados Unidos, 610 millones se destinaron a aplicaciones en gestión "científica" y solamente 20 millones en control industrial. En 1975, según estimaciones de la Asociación de Industrias Electrónicas estas cifras se elevarían a 6,900 millones y 600 millones respectivamente lo que revela la acentuada preferencia por aplicar los computadores en actividades de gestión y no directamente productivas (8).

Pero este mercado mundial está profundamente monopolizado por una empresa: la IBM. Esta empresa controlaba en 1969 el 69.5% del valor en dólares del total de computadores instalados en Estados Unidos. Le seguía en importancia la Univac-Sperry-Rand producto de una fusión defensiva de grandes firmas en la electrónica, con solamente el 6.5% de este mercado. En 1975, se espera que su participación haya bajado al 60.7% a favor de Univac-Sperry-Rand (que pasaría a controlar el 10.3%) y Honeywell Inc. (que pasaría del 5.5% en 1969 al 11.4% en 1975), (9). La misma IBM dominaba en 1971 el 50% del valor del total de computadores de Europa (64.8% en Alemania Federal, 27.7% en el Reino Unido y 59% en Francia).

La IBM y las empresas norteamericanas dominan el mercado mundial de las computadoras sea bajo la forma de las ventas directas (países menos desarrollados y subdesarrollados), de la instalación de filiales (países desarrollados) y de la venta de licencias de tecnología (sobre todo en Japón, donde hay prohibición oficial para la instalación de empresas extranjeras en este campo). Para defenderse de una posible nacionalización de sus filiales en Europa las empresas multinacionales de origen norteamericano han diversificado las actividades de sus plantas por varios países europeos. La ola nacionalista iniciada por De Gaulle, sobre todo para contener el dominio de la computación francesa por la IBM, ha encontrado así un fuerte obstáculo que hasta ahora no fue posible flanquear. Por otro lado, la producción local, a pesar de la fuerte subvención y protección estatal, no ha logrado romper el monopolio tecnológico impuesto por el monopolio norteamericano. Incluso países como el Reino Unido que estuvieron en la punta de la carrera tecnológica de la computación han perdido terreno en la década del 60. En 1958 Gran Bretaña producía el 100% de los computadores instalados en el país. En 1966 había decaído la participación nacional al 45.6% pasando las empresas norteamericanas a atender el 53% del mismo mercado y otros países el 2.4%.

El gran aumento de la utilización de computadoras no está asociado siempre con el proceso de automatización de la producción. Hemos visto que solamente un porcentaje muy bajo de ellas se destina a la producción

industrial, mientras que una buena parte de estas inversiones se orientan al sector servicios, particularmente a la contabilidad de las empresas y a las tareas de gestión. Esta es una de las razones por las que la revolución de los computadores no ha logrado cambiar aún de manera radical la faz del sistema productivo. La resistencia a utilizar los computadores en el campo productivo está ligada directamente al carácter del proceso de valorización en el capitalismo. Como lo veremos en los próximos capítulos, la aplicación masiva de la automatización en ausencia de un control monopólico del mercado, conlleva a una amenaza para la tasa de plusvalía y consecuentemente para la tasa de ganancia media. El aumento de la productividad del trabajo en condiciones en las que el precio es igual al valor significa una baja del valor final de los productos y consecuentemente de la masa de plusvalía. Por esta razón, el capital prefiere utilizar esos avances tecnológicos para bajar los gastos improductivos en las actividades de servicio para aumentar su capacidad de control y gestión de la producción y la velocidad de circulación de sus mercancías. Por otro lado, el Estado es otro comprador importante de computadoras para fines de control social. Por fin, las empresas productoras de computadoras se orientan cada vez más en el sentido de aumentar el consumo individual de computadoras. Antes de analizar más en detalle los efectos económicos del enorme crecimiento de la computación en el capitalismo contemporáneo sería necesario estudiar más en detalle las tendencias de utilización de esos avances tecnológicos tan significativos.

3. LA UTILIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE LA COMPUTACIÓN

La tecnología de la computación se divide en primer lugar entre dos grandes campos el hardware y el software.

Por hardware se entiende la tecnología de la computadora como fenómeno material y su aplicación a la actividad productiva en los campos industrial, de transporte y comunicación, de servicios y comercial. Gran parte de estas actividades son cubiertas por los computadores digitales.

Por software se entiende la tecnología que utiliza la computadora como instrumento intelectual. La utilización de los cerebros electrónicos supone un gran desarrollo de los programas de computación como una tecnología en si misma y su aplicación a la administración y a la gerencia, a la investigación y desarrollo científicos, a las actividades de asesoría, consultoría y asistencia a la ingeniería de sistemas.

Un computador es una máquina muy compleja que tiene la especificidad de retroalimentarse, de dar órdenes para su propio funcionamiento y de sus partes (10). Ellos pueden ser pesados, pequeños y entramos ahora en la época de los minicomputadores. Pueden ser de uso general, especializados o especiales y pueden ser digitales o analógicos.

Los computadores se componen de su cuerpo central y sus instrumentos periféricos. El cuerpo central se compone de una memoria para depositar la información, una memoria rápida para dar acceso a la información depositada y una unidad de cálculo que opera la información entregada por la memoria rápida flexible.

El problema tecnológico de este sector es la reducción del tamaño de las memorias y el aumento de su ritmo de operación. Ambos objetivos han sido alcanzados a grandes saltos en las tres sucesivas generaciones de computadores.

Los instrumentos periféricos son aquellos encargados de realizar la entrada y salida de la información (11). "Los órganos de entrada o de salida constituyen la mayor parte de las veces el límite de la capacidad operativa de los computadores: siendo más lentos ellos regulan con su ritmo propio la marcha del conjunto" (12). De ahí la preocupación creciente no sólo por aumentar su rapidez sino también por cambiar radicalmente sus características con la introducción de procedimientos electrónicos u ópticos que aseguran una rapidez casi instantánea y desarrollándose en los últimos tiempos el ecran de televisión, sea para salida sea para entrada.

Se desarrollan al mismo tiempo los sistemas de teletratamiento de la información que permiten ligar a distancia un terminal con el computador central a través de telex, una línea telefónica, microondas, etc. El enorme desarrollo de las terminales está asociado a los nuevos métodos de operación que permite la tercera generación de los computadores (que utiliza los circuitos integrados y los progresos de la miniaturización). Ellos son el tratamiento a distancia (teletratamiento). La multiprogramación, el multitratamiento, el tratamiento en tiempo compartido, el tratamiento en tiempo real y el modo conversacional.

Estos métodos permiten asociar terminales relativamente baratos a enormes computadores centrales y facilitan el contacto del hombre con la computadora exigiendo menor calificación para utilizarla.

El desarrollo de la base material de la computadora o hardware se encuentra directamente ligado con la capacidad de programarla (software) y los enormes saltos que se han dado en este sector son, de un lado, un producto de las presiones y desafíos impuestos por el avance de las máquinas y, de otro lado, son un factor de mayor estímulo para su desarrollo al permitir utilizar plenamente sus potencialidades.

El software se ha convertido en un enorme campo económico dando origen a empresas especializadas y revolucionando amplios campos del conocimiento, de la gestión y de la tecnología. Las empresas monopólicas del sector utilizan estos instrumentos tecnológicos para controlar la producción de nuevas técnicas y usan el cúmulo de datos que realizan en sus empresas de investigación para dominar otros sectores económicos y asesorar a sus propias decisiones.

De esta manera, el creciente campo de actividades abarcado por la computación sigue un camino condicionado por los intereses de las empresas monopólicas que no pueden sin embargo dominar todas las consecuencias económicas, sociales y políticas de la aplicación del automatismo en su etapa cibernética.

¿En qué campos se está utilizando la automatización y los computadores? Para propósitos científicos ligados a la producción (tenemos por ejemplo; el caso de la industria espacial), para resolver problemas de diseño, para cálculo en general, para asistir a la gerencia de producción. En el campo de la energía atómica, se utilizan para cálculos de los reactores explosivos y para análisis de experimentos. En las refinerías de petróleo, son utilizados para la programación lineal relacionada con el control de los programas de producción.

Por otro lado en lo que respecta a su uso en los negocios y en las industrias hay que destacar las aplicaciones en el procesamiento de datos, ligados particularmente a las oficinas, la automatización del trabajo de oficina, que es bastante reciente y que se usa para el sistema de contabilidad y estadística, e incluso, para problemas operacionales; en un grado más elevado, para envíos postales y para control de producción. Se utilizan ampliamente hoy día los computadores en las compañías de seguros, en los bancos, en los departamentos de gobierno, aerolíneas y ferrocarriles.

Los computadores son utilizados también en el control de máquinas, control numérico de productos hechos por las máquinas, sobre todo en la industria espacial pero también se extiende hacia otros campos.

En los sistemas cerrados los computadores son usados, según el Profesor Leboucq, desde la función de termostatos de los refrigeradores a la función de piloto automático de un avión supersónico. Para tal fin, se usa en operaciones de ferrocarriles; en la distribución de electricidad en las estaciones de energía térmica y en las estaciones hidroeléctricas; en las estaciones de energía nuclear, en operaciones de transformación de hierro y acero, en las industrias de motores, micas, alimentación, vidrio, etc. Finalmente, ha avanzado mucho la instalación de sistemas de control y dirección sistematizados para estaciones de electricidad para trabajos de refinerías y producción de cemento.

¿Cómo se reparten los computadores existentes entre las diferentes actividades económicas? En Estados Unidos las industrias absorben el 17% del total de computadores del país distribuido entre los sectores más tecnificados; productos químicos representan el 3.4% del número total de computadores del país, la de máquinas eléctricas el 4.5%, la de máquinas no eléctricas el 4.5%, la de equipamiento y transportes el 4.4%. En los servicios donde se encuentra buena parte del esfuerzo de computación, los bancos utilizan el 7.9% del número total de computadores, la educación el 6.3%, las compañías de seguros el 5.4%, el comercio mayorista el 4.3% el comercio detallista el 3.5% y los otros servicios financieros el 2.8%, los demás sectores están abajo del 2%. Por último el gobierno federal posee el 7.5% del total de computadores y los gobiernos de los estados y localidades, el 4.6%. Esta distribución confirma la tendencia señalada a utilizar la computación en los sectores de servicio y se observan en todos los países capitalistas (13).

Si buscamos los datos sobre el modo de utilización de los computadores vamos a confirmar esas tendencias. Según la revista Management de enero de 1972 el tiempo productivo de los computadores utilizado por todas las empresas francesas se destinaba en solamente el 8.8% en producción, planeamiento y órdenes. Sin embargo, el 22.8% de este tiempo se invertía en la contabilidad y 25.2% en facturación. Incluso dentro del sector industrial, el tiempo de los computadores dedicado a la producción era del 17.6%, mientras se dedicaban el 15.5% a la contabilidad, el 16.2% a la facturación y el 10.1% a los pagos.

En los últimos años con la creación de los sistemas miniaturizados se han creado minicomputadores que pueden tener una utilización mucho más amplia y que tienen costos mucho más reducidos. En consecuencia, la industria de los computadores planea aumentar masivamente el consumo doméstico de los computadores y su adopción por las empresas medias y pequeñas que no podían utilizarlos hasta ahora por sus altos precios. Se pretende elevar a 680, 000 el número de computadores en uso en Estados Unidos en 1980, más que duplicando los 280,000 existentes en 1976. Los calculadores electrónicos manuales que eran unos pocos cientos de millares en 1971 se elevaron en 1976 a una cifra estimada de 20 millones. Este aumento espectacular en un campo paralelo a los computadores estimula la imaginación de las empresas de la rama que pretenden integrar microcomputadores al control de los autos, a los hornos casero, al control de los productos vendidos en los supermercados, a los sistemas de crédito que pretenden sustituir los cheques. La idea es aumentar la capacidad del individuo de ligarse desde su casa a las bibliotecas y las salas de clase. Tales planes están apoyados en el rápido avance de los semiconductores que permite la producción de computadores miniaturas equipados con memorias llamadas microprocesadores. "La nueva tecnología, señala el US News & World Report, modificó completamente la economía del procesamiento de datos, pues el costo de producción de los semiconductores son mínimos cuando comparados con las memorias "ferrite-core" que dominó el campo en los años anteriores. En 1950, la relación entre el costo de equipamiento de computación y la programación o

gastos de software era de cerca de 4 por 1, ahora ellas es de cerca de 1 por 4. Los expertos indican que los precios de algunos de los pequeños computadores viene bajando en 15% anualmente." (14).

En toda esta revolución se planea un lugar muy reducido a las actividades productivas. Se pretende utilizar los minicomputadores para controlar los procesos de manufactura como la petroquímica, textiles, hule y papel. "En una planta de papel, minicomputadores separados pueden controlar la reducción y cocimiento de las barras de madera, la operación de "bleachiny la máquina de papel y la planta eléctrica". (...) "Dos minicomputadores pueden vigilar 400 variables y decidir sobre 50 movimientos de control en el espacio de 5 segundos. " (15). Tales capacidades de control podrían ser aplicadas también en la regulación del consumo de la energía cada vez más cara.

Los nuevos pasos en la tecnología de la computación indican pues que la difusión de los computadores tiende a seguir su ritmo impresionante y que la tendencia de aumentar sus ventas y diversificar su consumo y utilización prevalece sobre un desarrollo planificado de las computadoras como instrumento de disminuir el tiempo del trabajo necesario para producir los bienes esenciales. Sin embargo, esos saltos tecnológicos tan importantes tendrán que revertirse hacia el sistema productivo aunque menos intensamente.

En los países socialistas adelantados, el sistema de automatización puede tener evidentemente, una aplicación mucho más importante en la medida en que la producción puede ser planificada desde una perspectiva global y no solamente desde una unidad productiva. En estos países, la técnica de la automatización tiende a ser aplicada de manera cada vez más intensa. En este campo el sistema socialista está demostrando su capacidad de superación rápida del capitalismo por la dificultad que tiene la forma anárquica de producción del capitalismo de asimilar un sistema productivo que supone una concentración y socialización de la producción muy superior al estrecho marco de la empresa capitalista.

Es así como, a pesar del bajo número de computadores existentes en los países socialistas, su utilización se hace mucho más racional orientándose no sólo hacia la automatización masiva de la producción sino también hacia la planificación permitiendo emplear una software mucho menos complicado pero mucho mas efectivo en sus resultados.

Cuando la empresa Siemens de Alemania Federal quiso buscar un campo mayor de competencia con la IBM fue a buscar en la tecnología soviética de computación aplicada a la producción un camino tecnológico. "Fue en la URSS que ella buscó un medio susceptible de ofrecerle un avance notable en calidad y cantidad, sea por la regularidad así también por la importancia de los contratos, para una gama completa de aparatos destinados

tanto a la gestión como a la producción. Ella (la Siemens) podría así obtener su independencia en lo que concierne a la informática de gestión y sería entonces financieramente capaz de lanzarse en la producción de calculadores industriales que podría vender enseguida tanto a Este como a Oeste. Señalemos que Siemens espera obtener un lugar en este sector tan importante como el que la IBM obtuvo en la informática de gestión. Hoy día se mide aún insuficientemente el “poder” económico que puede conferir la fabricación de tales sistemas. (16). La IBM envió su propio director, Watson, a la URSS para proponerles materiales hasta entonces considerados estratégicos y obstaculizar perspectivas de la Siemens, con éxito.

Es necesario detenernos, sin embargo, en este punto.

Los países que iniciaron una nueva organización de la producción, en base a la propiedad estatal de los medios de producción, la planificación y la dirección del Estado por los partidos comunistas eran todos de desarrollo industrial muy incipiente. Particularmente la URSS que desde 1917 a 1945 estuvo sola en este rumbo, ha dedicado su esfuerzo tecnológico más bien a alcanzar los niveles de los países más avanzados de Europa y de los Estados Unidos. A partir de 1957, superados los pesados esfuerzos de reconstrucción de un país arrasado por la invasión hitlerista, alcanzado un importante grado de industrialización y urbanización, logrado el balance atómico con Estados Unidos y su superación en el campo espacial con el lanzamiento del “Sputnik”, la Unión Soviética tenía fuerzas suficientes para obligar al campo capitalista a aceptar una política de distensión progresiva, aumentar sus posibilidades de adquisición de conocimiento científico y tecnología a través de la circulación internacional de científicos, técnicos y administradores, empezar una política de mejor calidad de la producción y mayor control de las unidades productivas por sus propios trabajadores.

En este nuevo contexto el XX Congreso del PCUS y particularmente los plenos del CC de junio y diciembre de 1963 pusieron los objetivos de la revolución científico-técnica como centro de la política de desarrollo de la URSS. En 1964, la Academia de Ciencias de la URSS publicó una guía metodológica para la difusión de la eficacia económica del trabajo de investigación científica (17) y se iniciaron un conjunto de trabajos sobre la revolución científico-técnica que coronaban las medidas de reforma económica de la URSS y lanzaban las bases de una nueva etapa de su desarrollo.

Después de moderarse el exagerado entusiasmo inicial despertado por la idea de una revolución científico-técnica cuya aplicación masiva y planificada permitiría según se creía lanzar las bases inmediatas del comunismo en la URSS, la concepción del papel fundamental de estas transformaciones no ha cambiado radicalmente. Y el noveno plan quinquenal pretende que “la economía de mediados de los años 70, por sus proporciones y características cualitativas, será gigantesco complejo de ramas industriales altamente

desarrolladas y basadas en las realizaciones de la ciencia moderna, la cual se va erigiendo más y más en fuerza productiva directa". (18)

El 10° Plan Quinquenal a pesar de su interés especial en el aumento de calidad de los productos y de la producción agrícola ha elevado tales metas a nuevos niveles y en forma aún más precisa ha definido el papel fundamental de la automatización en el desarrollo económico. En sus Orientaciones para el Desarrollo de la Economía Nacional de la URSS para 1976-1980, el presidente del Consejo de Ministros de la URSS, señala en este informe al XXV Congreso del PCUS, las líneas del progreso científico y tecnológicos:

"En la producción de instrumentos de trabajo –aumentar la capacidad unitaria de las máquinas y ensamblajes, cambiando el desarrollo e introducción de máquinas individuales por el desarrollo e introducción de sistemas de máquina que cubren el proceso tecnológico total, mecanización y automatización de las áreas de producción de trabajo-intensivo, sobre todo en las industrias donde un considerable número de trabajadores están comprometidos en trabajos manuales arduos y también en operaciones subterráneas y malas para la salud". (19)

Los otros objetivos del desarrollo científico alcanzan un área más amplia que la automatización, como el desarrollo de procesos tecnológicos de tecnología progresiva que involucra un bajo número de operaciones y de la tecnología para aumentar las economías en materias primas, otros materiales y petróleo y para proteger el ambiente. Desarrollo de plantas nucleares, hidroeléctricas, estaciones termoeléctricas superpoderosas, turbo generadores más económicos. Desarrollo de materiales más poderosos como el acero de altos grados, uso de los métodos de electroslag y fundición por vacío, extensión de la distribución del capital circulante, crecimiento en la participación de aluminio, titanio y polímero en la producción total de materiales estructurales y producción de materiales sintéticos con propiedades prefijadas. Además se fijan metas más ambiciosas para investigaciones de largo plazo como las de energía termal y atómica, reacción termonuclear y super conductividad.

Estas directrices tecnológicas y el avance ya alcanzado en varios países socialistas para sustituir máquinas antiguas por nuevas automatizadas (20) indican que en estas formaciones sociales no hay ninguna limitación económica y social al avance de la automatización. La única limitación que enfrentan es el retardo histórico del cual partieron que afecta su capacidad de producir conocimientos científicos y técnicos.

4. AUTOMACIÓN Y REVOLUCIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA.

La automatización a pesar de representar el aspecto más decisivo del cambio tecnológico no es su único aspecto y no puede ser comprendida fuera del contexto general de la evolución de la ciencia y de la técnica. La posibilidad de economizar trabajo humano en general a través de la mecanización y de la automatización no puede verse como un simple cambio de los medios de producción aisladamente de los cambios en los materiales utilizados, en las técnicas de gestión, en la educación de la fuerza de trabajo, en la creación de una base material para la investigación y el desarrollo de productos, en el avance de nuevas áreas de la ciencia y particularmente aquellas dedicadas al bienestar humano y del trabajador en particular. De ahí que es necesario analizar los cambios tecnológicos en un sentido general que sólo se puede definir en el contexto de una revolución total producida en los últimos treinta años en el papel de la ciencia en la economía y en la sociedad así como en su vínculo cada vez más estrecho con la tecnología y la producción. A esto se ha llamado la "revolución científico-técnica", cuya concepción teórica fue particularmente desarrollada por un gran equipo de investigadores de varias disciplinas dirigido por Radovan Richta, por iniciativa de la Academia de Ciencias de Checoslovaquia. Este estudio, terminado en 1967, se incorporó a los elementos constitutivos de la llamada "Primavera de Praga" y constituye una posición polémica en muchos de sus puntos. Siguiendo la tradición de otros autores marxistas que han tratado el tema (21) Richta señala el proceso histórico por el cual se produce la separación entre el trabajador y la actividad directamente productiva. Este autor va más lejos y busca caracterizar el cambio radical y decisivo que se operó en las últimas décadas como consecuencia de la revolución industrial "al potenciar una estructura y una dinámica nueva de las fuerzas productivas de la vida del hombre". (22)

Estos cambios se resumen en lo siguiente: a) los instrumentos de trabajo asumen funciones que los convierten, en principio, en complejos autónomos de producción; b) los objetos de trabajo no son simples materias primas naturales sino sufren importantes cambios químicos; c) el factor subjetivo de la producción no es ya solamente el trabajador; ahora las computadoras liberan en parte al hombre de este aspecto del trabajo; d) la ciencia se convierte definitivamente en una fuerza productiva.

El esfuerzo fundamental de Richta en el cual le acompañan otros autores, sobre todo de los países socialistas (23) es el demostrar que si la industrialización fue la base infraestructural en que se apoyó el capitalismo y aún el socialismo en su fase inicial, la revolución científico-técnica es la base de las nuevas relaciones de producción comunistas que ya empiezan a emerger. Sus efectos en las relaciones de producción es explicado por las consecuencias de la adopción del principio automático en un sentido amplio que transforma la producción

en "un proceso natural tecnificado gobernado por el hombre". Estos procesos son; la liberación que permite "eliminar completamente la actividad del hombre en la producción directa y la traslada a las etapas preproductivas: a la preparación tecnológica, a la investigación, a la ciencia, a la preparación tecnológica, a la investigación a la ciencia, a la preparación del hombre" (24); la quimización, "la búsqueda de objetos de trabajo (materias primas), con cualidades deliberadamente escogidas y utilizables" y la posibilidad de la producción biológica; la creación de nuevas fuentes de energía, más potentes y baratas (nuclear, solar, etc.)

Se cambia así la estructura de la producción, decaen viejas ramas y surgen nuevas como aplicación directa de la ciencia, como la energía atómica, química de polímeros, radio-electrónica, cibernética, etc. Según Richta, el principio automático no representaba aún el 8% de la producción en los países avanzados pero debería predominar a fines de siglo, no sólo en la producción sino también en los servicios (25). La ciencia sufre transformaciones cualitativas y busca una nueva síntesis. La sociedad tiene que adaptarse a estas nuevas necesidades. El sentido del trabajo humano, su organización, principios en que se basa, tienen que cambiar radicalmente. "El hombre cambió su lugar dentro de las fuerzas productivas"

Es muy importante señalar el papel socialmente nuevo que pasa a ocupar progresivamente la ciencia en este proceso: "La ciencia comienza hoy a actuar universalmente, en tanto que fuerza directamente productiva, y la industria entera se convierte en aplicación tecnológica de la ciencia, asistimos a la transformación del proceso de producción: quedó atrás su etapa de proceso de trabajo simple y camina convertirse en un proceso científico". (26)

Víctor Afanassiev (27) explica la transformación de la ciencia en fuerzas productivas a partir de un sistema de relaciones ciencia-técnica-producción. Él aclara que el vínculo orgánico de la ciencia con la producción propia de nuestra época "no significa que la ciencia se transforme en una especie de tercer elemento autónomo de las fuerzas productivas al lado de los medios de producción o de la mano de obra. Pero la ciencia juega este papel de fuerza productiva no en tanto tal sino únicamente en su realización técnica, tecnológica y humana". La transformación de la ciencia en fuerza productiva debe ser vista pues como el estrecho vínculo entre ella, la técnica y la producción y se expresa en los hechos siguientes:

- 1) La aparición de ramas enteras de la producción que son producto directo de la aplicación de la ciencia y sin la cual no existirían.
- 2) La acción directa de las ciencias sociales y humanas sobre el hombre desarrollando sus capacidades productivas, facultades, etc. La automatización crea y aumenta a cada día un tipo nuevo de trabajador de amplia formación científica para dirigir la computadora y el sistema de producción automatizado.

- 3) El aumento del número de científicos que tienen que estar ligados directamente a la producción. La investigación y el desarrollo de productos tiene que hacerse en el interior de la fábrica, empresa de servicio o agrícola.
- 4) La ciencia se incorpora directamente al proceso de gestión de la producción, su preparación científica, técnica y económica.

Es pues muy evidente la justeza del planteamiento de Richta de que a partir de la revolución científico-técnica- "la ciencia se convierte en una variable fundamental en el sistema económico y en parámetro decisivo de la progresión de la civilización en su conjunto". (28) Con la transformación de la ciencia en fuerza productiva pasan a dominar los elementos intensivos y cualitativos del crecimiento sobre el volumen de los medios de producción. El dominio del capital sobre la economía se había apoyado en su función como fondo de trabajo y reserva de medios de producción, como fuerza totalizadora del trabajo acumulado.

Dado el papel predominante de la aplicación de la ciencia en la producción el capital tiene que poder dominar la actividad científica para asegurar su rol de explotación de la fuerza de trabajo y de dominación sobre la sociedad.

Es difícil medir la parte del crecimiento económico que se debe a los factores extensivos (aumento de capital y fuerza de trabajo) y a los intensivos (progreso de la ciencia y de la técnica, perfeccionamiento del sistema de control, elevación de la capacidad técnica de los trabajadores estrechamente ligada a su formación cultural general y profesional). Sin embargo, las mediciones realizadas por el equipo de Richta y por otros autores nos indican que los factores intensivos representan hoy día cerca de 50 a 74% del crecimiento en los países desarrollados en general.

De esta manera, la inversión en el desarrollo de la ciencia y la intervención del Estado en este campo se explican como un resultado necesario de este procesos de sumisión de la producción a la técnica y de ésta a la ciencia.

Es fácil percibir las implicaciones fundamentales que tienen tales cambios sobre el proceso social en curso. El trabajo de Richta y sus colaboradores intenta una descripción del modelo puro de esta revolución científico-técnica, buscando sistematizar todas sus implicaciones para la sociedad futura. (29) El objetivo de nuestro trabajo es distinto: trátase de estudiar hasta qué punto estas modificaciones revolucionarias en las fuerzas productivas están en curso en el momento actual y que contradicciones generan con el actual desarrollo de las relaciones de producción capitalistas.

Antes de haber desarrollado unas relaciones de producción superiores, la sociedad capitalista ya trae en su seno el potencial productivo que sirve de base a una sociedad de la abundancia y del trabajo comunitario pero sus posibilidades de ajustarse a las necesidades impuestas por estas nuevas fuerzas productivas son reducidas. Tratase de determinar exactamente cuáles son estas posibilidades y cuál es la forma histórica que asumen tales cambios en el interior de una formación social que al mismo tiempo los necesita y no los puede realizar.

Para esto pasaremos a estudiar, enseguida, el papel de la ciencia en el proceso de valorización capitalista, situándola como una fuente de inversiones, los tipos de investigación que se realizan bajo el capitalismo, las bases institucionales y los financiamientos de este complejo científico en crecimiento, la invención, innovación y difusión del conocimiento científico bajo el capitalismo monopolista.

En todos estos capítulos se mantiene la indagación básica sobre el desarrollo de la ciencia en el capitalismo monopolista: ¿puede el capital monopolista absorber todas las potencialidades de la revolución científico-técnica, puede él llevarla hacia las consecuencias últimas que plantea?

NOTAS DEL CAPÍTULO II

(1) Manpower Aspects of Automation and Technical Change, Internacional Seminars European Conference. OCDE, París, 1966. Sobre aspectos socioeconómicos de la automatización, se debe consultar aún los estudios clásicos: Norbert Wiener, *Cibernética y Sociedad*, Ed. Sudamericana, Buenos Aires, 1969; Pierre Naville, *Hacia la Automatización*, Fondo de Cultura Económica, México, 1968; F. Pollock. *La Automatización*, Ed. Sudamericana, Buenos Aires, 1968 (el cual se basa fundamentalmente en las audiencias sobre "Automation and Technical Change" del Congreso Norteamericano). Ver aún Report of the National Commission of Technology, Automation and Economic Progress, *Technology and the American Economy*, Washington, 1966; Waiter Buckingham, *Automation, Its impacto n Business and People*, Mentor Book, N. York, 1961. Una importante selección de textos sobre distintos aspectos del tema se encuentra en Zenon W. Pylyshyn, *Perspectivas de la Revolución de los Computadores*. Alianza Editorial, Madrid, 1975.

(2) *Traité de Sociologie du Travail*, P. U. F. (Traducción Fondo de Cultura Económica), que editó junto con Pierre Naville. También en *Le Travail en Miettes*, Gallimard, París, 1956. Las definiciones de Automatismo de

autores más sensibles al aspecto social como Pierre Naville, en *¿Hacia el Automatismo Social?*, op. cit., dan un sentido más amplio al fenómeno. Por ejemplo: "automatismo es el sistema que se mueve así mismo o dicho de otra manera, que dispone en él, o en un sistema asociado, de su propia fuente de energía". "La automatización es la aplicación de procesos automáticos –es decir sin apenas intervención humana alguna- a cualquier actividad y en niveles más o menos elevados de auto-regulación. La automatización no se ha convertido en un problema nuevo sino a partir del momento en que ha permitido integrar un ciclo operativo autónomo que implica una coherencia lógica definida, extendida a todos los factores de la vida económica, tal como se manifiestan en una empresa o una rama industrial cualquiera". P. 49. "el automatismo de la producción de líneas y servicios... aparece como la forma técnica generalizada de un cierto nivel de la civilización, inseparablemente de este". P. 51. "los cambios que acarrea la automatización en la mano de obra conciernen a las relaciones del obrero con el equipo de trabajo y con el grupo de trabajo". p. 64

(3) La tradición francesa hace una distinción clara entre el proceso general de automatización de la producción por el cual las máquinas se independizan del trabajador y el proceso de automatización en el cual las computadoras introducen la automatización el factor informativo y la retroalimentación en su fase más avanzada. En español hay poca tradición de distinguir esos términos y se acostumbra usar indistintamente los dos términos. Jacques Guillaumand por ejemplo protesta por la morfología de la palabra automatización pero reconoce que "ha sido consagrada por el lenguaje" con un sentido diferente de automatización. Su libro *Cybenétique et Matérialisme Dialectique*, Editions Sociales, París, 1965, es una excelente introducción al tema buscando integrar los descubrimientos de la cibernética en el contexto teórico y metodológico del materialismo dialéctico.

Esta idea de la segunda o la tercera revolución industrial aparece con mucha frecuencia en varios autores. Radovan Richta y el equipo que él encabeza prefiere negar el alcance de este término que no resalta el papel revolucionario, de la ciencia en los nuevos cambios producidos e insiste en señalar el carácter aún más radical de las transformaciones tecnológico-científicas en curso (*La Civilización en la Encrucijada*, Antiach Editorial, Madrid, 1972).

El libro de Zenon W. Pylyshyn ya citado dedica un capítulo entero al desarrollo de la ciencia del computador, en el cual se destaca el ensayo crítico de Thomas M. Smith a las visiones estrechas de la historia. Para él la "Revolución de la Información" contemporánea, como otras revoluciones tecnológicas, es el producto de la "convergencia estratégica de varias tradiciones". En el caso del computador que habría culminado su proceso de creación en 1950 él apunta: "Este tipo especial de convergencia estratégica reunió las tradiciones conceptuales de matemáticas, física e ingeniería electrónica, política práctica, sistema fiscal, la lógica del cómputo analógico y digital, y las complejas filosofías empíricas de las relaciones gobierno-industria-enseñanza superior. Productos

suyos son la automatización, la cibernética, la ingeniería de sistemas, pero no tomo a ninguno en consideración porque cada uno de ellos es demasiado pequeño, especializado y fragmentario". Es interesante señalar como en la creación del computador la fusión entre el capitalismo de estado y el monopolio en el campo de la invención se expresó quizás por primera vez de forma muy nítida. El autor destaca los millones de dólares que gastó el congreso norteamericano, el Departamento de Defensa y el consejo de Seguridad Nacional en la realización de este proyecto que tenía por contraparte la IBM y Universidades Norteamericanas.

Jean-Michel Teille. *L Economie Mondiale de l Ordinateur*, Ed. Du Sguell, París, 1973, pag. 19. Gran parte de la información de este apartado tiene su fuente en este interesante estudio. Los datos citados fueron obentidos del libro citado de Jean-Michel Treillo, p. 20. Jean-Michel Treille, op. cit. p. 21. Idem., ibidem, p. 46.

10. El principio de retroalimentación es una de las bases de la cibernética. J. O. Wisdon lo define así: "Estas máquinas electrónicas no son solamente automáticas, en el sentido en lo que es una báscula. Incorporan un mecanismo conocido como "realimentación", que es de la mayor importancia, así difieren de las máquinas puramente newtonianas. "Las máquinas que incoporan mecanismos de realimentación negativa pueden describirse como aquellas que emplean el método de tanteo, o como compensadoras de errores, o -mejor- como autocorrectoras; y podemos definir un mecanismo de realimentación negativa simple como aquel mediante el cual parte de la energía de entrada de una máquina se utiliza a intervalos para regular la energía de salida" Hipótesis de la Cibernética, en *Perspectivas de la Revolución de los Computadores*, op. cit, p. 183 y 185.

11. Para la Cibernética el conepto de información tiene un sentido muy diferente del sentido común: "Tomemos un problema que comporta un cierto número de respuestas posibles pues no poseemos informaciones particulares sobre la situación presente. Si logramos obtener alguna información sobre el problema, el número de las respuestas posibles se encuentra disminuido y una información total puede incluso conducir a una sola respuesta posible. La información es una función de la relación de las respuestas posibles antes y después que la hemos recibido "Lion Brillouin. *Science and Information Theory*, citado en Jacques Guillaumand, *Cybernétique et Matérialisme Dialectique*, op. cit., p. 118.

12. Manuel Janco y Daniel Furjot, *Informatique et Capitalisme*, op. cit. p. 162.

13. Ide., ibidem. Págs 171 y 172. En el ap´ndice estadístico presentado por Janco y Furjot se encuentran datos similares para Alemania, Italia, Francia y Japón.

(14) "Special Report: Coming: Another Revolution in use of computers" U S News & World Report. Julio q9 de 1976, pags. 54 a 57.

Según este artículo, el costo de un sistema familiar de computación será en la próxima década cerca de 1, 000 dólares. En la actualidad un terminal pequeño para uso doméstico cuesta 1,500 dólares. "Hay solamente una cifra estimada de 5, 000 computadores domésticos ahora, pero para Mr. Heiser (dueño de una tienda de computadores en Santa Mónica, California) los números deberían subir a 500, 000 en los próximos 3 años.

(15) Idem., ibide. P. 57

(16) Janco y Furjot, op. cit., p. 59. La orientación pro-china de los autores les impide comprender la importancia de esta orientación de la tecnología soviética para la evolución del trabajo humano.

(17) Citado en el prólogo de J. Sedijar y Robert Maxwell a la traducción inglesa del libro de J. C. Kunakoy, Science, Technology and Communism, Pergamon Press, Oxford, 1966.

(18) Nicolai Baibakoy, "La planificación Socialista y el Desarrollo de la Economía de la URSS", en la obra colectiva. La Revolución Tecno-Científica: Aspectos y Perspectivas Sociales, Ed. Progreso, Moscú s/f.

(19) A. N. Kosygin, Guidelines for the Development of the National Economy of the URSS for 1976-1980, XXV the Congress of the CPSU, Moscow, 1976.

(20) "De acuerdo con las estadísticas para los años recientes, el número de máquinas herramientas de 10 años de edad o más comprenden el 57% del total, y los equipamientos de prensado y forja del 55%. Esto es más que en muchos países desarrollados del occidente. Durante el período del Décimo Plan Quinquenal habrá una tasa mas rápida de producción de fundiciones automáticas prensas, forjadoras, máquinas, producción de líneas de producción de partes y equipamientos de alta precisión". Guidelines for the Development of the National Economy of the URSS for 1976-1980, p. 51-2.

Sobre la RDA: "De los equipamientos actualmente existents en la industria el 40 por ciento ha sido instalado en el período quinquenal de 1971-1975. La mitad de ellos eran semi o totalmente automatizados". Por otro lado, según la misma fuente, el grado de automatización de los equipamientos industiales subió de 33% en 1970 al 42% en 1975. Cifras y Hechos sobre el Desarrollo de la República Democrática Alemana en los años de 1971 a 1975, RDA, 1976, p. 44.

(21) Particularmente J. D. Bernal en su Historia Social de la Ciencia, Ed. UNAM. México, 1960, 2°. Vol.; La Ciencia en Nuestro Tiempo y Samuel Lilley, Hombres, Máquinas e Historia, Editorial Ciencia Nueva, Madrid, 1967.

(22) R. Richta, op. cit., p. 35.

(23) La bibliografía sobre la revolución científico-técnica en los países socialistas y particularmente en la URSS ha generado un número muy grande de textos de los cuales señalamos los siguientes: Colectivo de miembros de las Academias de Ciencias de URSS y Tchekcollovaquia –Man, Science, Technology- A Marxist Analysis of the Scientific –Technological Revolution Academia Prague, Moscow-Prague, 1973; Redacción Ciencias Sociales Contemporáneas de la Academia de Ciencias de la URSS, La Revolución Tecnocientífica; Aspectos y Perspectivas Sociales, Editorial Progreso, Moscú, s/f, Instituto de Filosofía, Academia de Ciencias de la URSS, Homme, Science y Techique, Redacción de Ciencias Sociales Contemporáneas; Víctor Afanassiev, Revolution Scientifique et Technique Gestion, Education, Editorial Progreso, Moscú, 1976; V. Tourtchenko, La Revolution Scientifique et Technique et la Revolution dans l Enseignement, Ed. Progreso, Moscú, 1975; Academia de ciencias de la URSS, La Revolución Científico-Técnica y el Socialismo, Redacción Ciencias Sociales Contemporáneas. Moscú, 1973. Además de estos libros y colecciones de textos hay una inmensa bibliografía en forma de artículos que no es posible citar aquí.

(24) Richta, op. cit., p. 39. En 1966 había cerca de 50,000 computadoras en todod el mundo (1,000 calculadoras de gestión, entre ellas). En el comienzo de la década de los 70 serían 100,000. Ver datos que entregamos anteriormente en el comienzo de este capítulo y que muestran el enorme avance de la producción de computadoras.

(25) En los últimos años esas cifras fueron alteradas debido al intenso proceso de automatización en el campo socialista. En el 9°. Plan quinquenal de la URSS se renovó cerca del 43% de los activos fijos productivos, incluyendo 56%, en la agricultura y al mismo tiempo los activos fijos totales de producción crecieron el 50%. Esta renovación del total de máquinas se hizo en muchos casos con máquinas automatizadas. Ver texto citado de Kosygin, p. 18. En la República Democrática Alemana el grado de automatización de los equipamientos industriales se elevó del 33% en 1970 al 42% en 1975. Hay que señalar que el conjunto industrial de 1975 se componía en el 40% máquinas instaladas entre 1971-1975. Ver cifras y Hechos sobre el Desarrollo de la República Democrática Alemana en los años 1971 a 1975. Marzo de 1976, p. 44.

(26) Richta, op. cit., p. 47.

(27) Víctor Afanassiev, op. cit. P. 46.

(28) Richta, op. cit. P. 51.

(29) Algunos autores influenciados por ciertos planteamientos de la revolución cultural china pretenden asociar el planteamiento teórico de Richta con la tesis de la "sociedad post-industrial" que discutiremos posteriormente. Se trata de una deformación absurda del planteamiento del filósofo checo.

III. La ciencia como inversión: Conceptos básicos.

1. CIENCIA Y ACUMULACIÓN DEL CAPITAL.

Vimos en los capítulos anteriores como el modo de producción capitalista revoluciona los medios de producción y ahorra tiempo de trabajo es un medio de aumentar la tasa y la masa de plusvalía. Sin embargo, esta tendencia trae consigo un elemento contradictorio que estudiaremos más en detalle en los capítulos posteriores: el ahorro del tiempo del trabajo trae a corto plazo un aumento de la plusvalía y de las ganancias del capitalista que lo introduce, debido a la ventaja relativa que obtiene en el mercado a través de la rebaja de costo obtenida en consecuencia de la mayor productividad. Pero, a largo plazo, cuando se generaliza la nueva tecnología, la ventaja relativa desaparece y las leyes del mercado llevan a una baja en el valor final del producto y consecuentemente en su precio y por lo tanto a una baja de la masa de plusvalía incorporada en cada producto y una vuelta de la tasa de ganancia a la situación anterior (en el caso de un cambio tecnológico neutral que no altere la proporción entre capital constante y variable) o a una disminución de la tasa de ganancia (en el caso más frecuente de un cambio tecnológico que aumenta la composición orgánica del capital –es decir la proporción del capital constante en relación al variable, aumentando, en relación al período anterior, la inversión del capitalista en máquinas y materias primas para obtener una misma masa de ganancias).

En consecuencia de lo expuesto, la introducción de una nueva tecnología sólo es ventajosa para el capitalista que la adopta a corto plazo, mientras no se generaliza su uso y por consiguiente no baja su precio. Sin embargo, esa generalización es ventajosa para el consumidor de la nueva tecnología o producto (sea él un consumidor final, u otro capitalista) pues deberá beneficiarse de la rebaja de precios. Tal constatación nos lleva a una nueva etapa de nuestro razonamiento.

Al capitalista que adopta una nueva tecnología le interesa pues dos cosas:

- a) Que la tecnología adoptada difunda lo menos rápidamente posible para mantener su ventaja relativa. De ahí su necesidad de controlar y mantener en secreto sus conocimientos tecnológicos. Y es su interés también que sus competidores potenciales no dispongan de tales conocimientos antes que él. Por esto él debe dominar el conocimiento en su mismo origen, aún cuando no pretenda usarlo de inmediato.

b) Que el costo de las maquinarias y materias primas que él compra se rebajen, de manera a contrarrestar la tendencia a la baja de la tasa de ganancia que resulta del cambio de la composición orgánica del capital al interior de su empresa que señalamos anteriormente. Es decir, el ideal del capitalista es rebajar constantemente los costos de la parte no variable (o constante o muerta) de su capital, al mismo tiempo que aumenta la productividad de la fuerza de trabajo y mantiene su ventaja relativa en el mercado.

Si introducimos el comportamiento monopolístico al que tiende el capitalismo en su desarrollo histórico, veremos que le interesa a la clase capitalista, tomada en su conjunto:

a) Monopolizar la producción del conocimiento tecnológico, la investigación y la invención de nuevos procesos o productos y su desarrollo en un producto comercial. El crecimiento de la investigación y desarrollo al interior de la empresa y el aumento de su articulación con la producción del conocimiento científico en las universidades, las instituciones o individuos, así como su creciente articulación con la demanda estatal (particularmente militar) de nueva tecnología conforme una triada de objetivos de las grandes empresas capitalistas y de los grupos económicos a los que pertenecen. El sistema de patentes viene a coronar esa monopolización de la producción del conocimiento al garantizar el monopolio de la utilización del mismo por el propietario de las patentes.

b) Orientar esa producción de conocimientos tecnológicos y científicos para una triple objetivo. Primeramente, para rebajar los costos de producción tanto en lo que respecta al aumento de la productividad del trabajo como también en la rebaja de los costos de capital constante sea fijo (máquinas e instalaciones o circulante (materias primas)). Tales objetivos se realizan no solo por un aumento de la productividad en el sector primario sino también por el control monopolístico de este sector por sus consumidores a través de la concentración vertical. En segundo lugar, para rebajar los costos de reproducción de la mano de obra, haciendo bajar el valor y el precio de los productos agrícolas y manufactureros consumidos por los trabajadores. En tercer lugar, debe orientar la demanda final de productos de acuerdo con los intereses de su estrategia de producción y, al mismo tiempo, debe ajustar sus productos a las características de la demanda. De ahí la necesidad de amplios gastos en el desarrollo final de los productos, en las técnicas de investigación de mercado y en el mercadeo en general.

Dominar la producción del conocimiento científico y tecnológico, monopolizar la propiedad de sus resultados y el derecho de su aplicación, y orientarlo hacia los objetivos señalados anteriormente obligan al modo de producción capitalista a intervenir cada vez más en la producción científica, a utilizar el aparato estatal como ayuda fundamental a esta tarea y a promover la ciencia como centro de cultura y educación. De esta manera, las condiciones para la revolución científico-técnica son generadas por el capitalismo y particularmente se evidencian en su etapa monopolística. Sin embargo, hay que estudiar más en detalle este desarrollo científico para entender las limitaciones de la articulación entre la acumulación capitalista y el avance de la ciencia.

2. EL CAPITAL Y LAS TENDENCIAS DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA

La actividad científica sufrió cambios importantes y radicales después de la Segunda Guerra Mundial. De una actividad marginal y complementaria se transformó en una parte esencial de la producción y reproducción de la sociedad contemporánea. El número de científicos actualmente vivos supera en mucho todos los científicos que existieron en milenios de historia. Su cantidad aumenta en un ritmo muy rápido, doblándose cada 10 años. Los gastos con la actividad científica crecieron en los últimos años en el mismo ritmo. (1) La ciencia abarca campos cada vez más extensos del conocimiento y su método alcanza no solo el estudio del mundo natural y lógico en el que se originó, sino que llega al análisis del psique, de la sociedad, de la obra de arte, literaria y poética. Pero, sobre todo, la actividad científica se vincula definitiva y radicalmente al proceso productivo. Al establecerse este vínculo, la producción científica aplicada se convierte progresivamente en un medio de producción. Más aún: la producción se va convirtiendo en un campo aplicado de la ciencia. Si es verdad que en la antigüedad la ciencia ha aprendido mucho de las técnicas y al mismo tiempo ha influenciado la evolución tecnológica, en nuestros días esta relación se invierte radicalmente. Cada vez más, la tecnología es un campo de aplicación del conocimiento científico que elimina progresivamente los factores aleatorios y subjetivos de la producción para sustituirlos por la actividad objetiva y planificada, apoyada en la máquina que dirige las demás máquinas es decir, los cerebros electrónicos.

Al posesionarse tan radicalmente del proceso productivo la actividad científica pasa a ser una parte directa y esencial de la acumulación del capital.

Los costos de la investigación y desarrollo pasan a ser una parte del costo final de los productos. La actividad científica se vincula al proceso productivo de manera tan radical que las empresas absorben directamente gran parte de los costos de investigación y desarrollo antes patrocinados por el Estado o ricos. Se crean laboratorios y centros de investigación de las empresas que crecen a un ritmo particularmente intenso después de la II Guerra Mundial. Además, estos laboratorios se conectan con la actividad científica en plano nacional realizada por el gobierno, las universidades y otras entidades. La empresa y los grupos económicos pasan a patrocinar actividades de investigación en los otros centros de producción científica. La lucha por apropiarse de los resultados del trabajo científico se convierte en un campo de acción cada vez más decisivo de las empresas y en parte clave del éxito económico y el espionaje tecnológico interempresas e interesados se convierte en una actividad regular.

La investigación científica lleva no solo a sustituir mano de obra al generar un aumento de la productividad del trabajo sino que también permite sustituir al capital. Cada vez más la investigación científica permite

ahorrar "capital" (medios de producción y materias primas). El desarrollo de nuevas materias primas industrializadas permite sustituir a vastos complejos de hornos y maquinarias por refinerías y flexibles máquinas que operan con moldes muy sencillos. La quimización o sustitución de materias primas naturales por sintéticas rompe radicalmente con los enormes gastos en medios de producción en algunas ramas. La bioquímica y la biogénesis abren nuevos caminos a la industrialización de la producción agrícola, la industria de la alimentación, la medicina u otras actividades. El desarrollo de nuevas fuentes de energía, las perspectivas abiertas ¿por los rayos láser, las radicales bajas de costo de producción por el ahorro de tiempo de trabajo, y disminución del tamaño de las unidades productivas finales, su mayor funcionalización, y el mejor aprovechamiento de las máquinas y herramientas todo esto se refleja en una relación cada vez más directa entre la inversión en investigación y desarrollo y la rebaja radical del costo de producción, no solo en fuerza de trabajo viva como también en trabajo acumulado o muerto.

Los efectos de tales cambios sobre la valorización de los productos, la tasa de plusvalía y de explotación y las tasas medias de ganancia son arrasadores. El modo de producción capitalista se ve frente a un desarrollo de la ciencia que se opone radicalmente a sus fundamentos como modo de producción basado en la expropiación del trabajo ajeno, como lo veremos posteriormente. La necesidad de hegemonizar y monopolizar la producción científica responde así a una doble motivación. De un lado, garantizarse las ganancias monopólicas que obtiene la introducción de una innovación. De otro, asegurarse las condiciones que permiten regular la incorporación de las innovaciones que revolucionan muy radicalmente el proceso productivo y de valorización.

La ciencia pasa a ser así una actividad fundamental para las corporaciones privadas. Controlarla, monopolizarla, asegurar a través de ella el conocimiento de los recursos nacionales e internacionales disponibles y de las formas de explotación para que atiendan a los fines de las firmas y de los grupos económicos, estas son metas que, como hemos señalado, ninguna compañía o grupo económico puede dejar de establecer. La intervención del Estado como programa organizador, financiador, formador de cuadros, para la ciencia se constituye en una de sus tareas fundamentales.

Es pues necesario que estudiemos la actividad científica como una inversión, como parte esencial del capital que se suma al capital constante y variable que se incorpora a los costos de producción. Es necesario señalar aún la diferencia entre la etapa de la investigación y desarrollo en que el costo de la ciencia no se ha incorporado al proceso productivo sin dejar de pesar sobre el costo de producción y la etapa siguiente en que, alcanzados los resultados positivos, el conocimiento producido se incorpora al proceso productivo convirtiéndose en rebaja de los costos de producción en forma de ahorros de medios de producción y de mano de obra.

En las páginas siguientes vamos a insistir en esos dos aspectos, separándolos sin embargo para efecto de análisis. Separación que, por lo demás se hace necesaria por la naturaleza distinta de las dos etapas: una creativa y en parte aleatoria (la investigación) y la otra (la innovación y difusión tecnológicas) productiva, planificable y tanto más previsible cuanto más se desarrolla y perfecciona la primera.

3. INVESTIGACIÓN BÁSICA, APLICADA Y DESARROLLO

Para aproximarnos al contenido de las investigaciones y desarrollo, cuyo monto general veremos en el próximo apartado, hay que analizar algunos conceptos. La investigación científica cubre un amplio espectro de temas y objetivos. Ella se dirige a la comprensión de los fenómenos naturales, humanos o sociales y como tal se define como investigación básica o fundamental (2). A pesar de que teóricamente la investigación básica no tiene por objetivo alcanzar determinado resultado práctico, ella se desdobra normalmente en campos aplicados que buscan intervenir en la realidad, la investigación aplicada (3) forma así un campo específico. Además de la investigación aplicada hay un conjunto de estudios que buscan adaptar los productos o procesos a la producción y al mercado, haciendo posible su existencia comercial. Estos estudios se denominan de desarrollo (4). Los límites entre la investigación básica, la aplicada y el desarrollo son muy difíciles de determinar de manera absoluta y precisa. Ellos se trastocan y se interactúan. (Para ilustrar esas interrelaciones presentamos la gráfica No. 1).

GRÁFICA 1

En la gráfica se muestra enseguida como este sistema científico y tecnológico se vincula con el sistema productivo a través de la innovación y la difusión tecnológica que definiremos más adelante.

La distinción entre investigación básica, aplicada y el desarrollo de nuevos productos o procesos es muy importante para el desarrollo de los conocimientos científicos en general. Es lógico aceptar que la investigación básica es la que puede permitir conocimientos nuevos radicalmente distintos que lleven a saltos de conocimiento sustanciales.

El avance de sus conocimientos tiene que ser más lento y pasar por fases acumulativas antes de llegar a síntesis muy importantes que conduzcan a cambios radicales en la teoría o a la apertura de nuevos campos de conocimiento y de aplicación. Por lo tanto el desarrollo de este tipo de investigación supone la existencia

de un excedente económico muy amplio que permita no solo el retiro de un gran número de personas de las actividades productivas sino también los gastos con su formación y con los materiales de laboratorio y experimentación que el desarrollo científico, aún el teórico, exige. De esta manera, la proporción de gastos y recursos que asigna una formación social a la investigación básica es un índice muy importante de su riqueza y de su preparación para los futuros avances de su sistema productivo.

La investigación aplicada tiene una significación más inmediata pues supone el desarrollo científico para volcar sus resultados hacia el sistema productivo y social en su conjunto. El avance de la investigación aplicada es pues un índice muy importante del crecimiento a medio plazo que deberá observarse en determinada sociedad. Nunca está de más señalar, sin embargo, que ciertos avances de la investigación aplicada postulan la necesidad de nuevos avances en la investigación básica produciéndose una complementariedad dialéctica entre ambas.

El desarrollo de productos y procesos es, por fin, la actividad cognoscitiva en su expresión concreta e inmediata por excelencia. El desarrollo es el responsable por la transformación de los conocimientos acumulados en una realidad productiva y comercial. En el mundo capitalista, la forma final del producto esta muy asociada a la lucha por la conquista o dominio de mercados. De esta manera, el desarrollo de productos y a veces de procesos debe preocuparse no solo con el valor de uso de los productos sino también de su ajuste al valor de cambio a la condición mercancía de que reviste el producto o proceso. Los gastos en el desarrollo son por lo tanto de naturaleza ambigua.

Ellos en parte reflejan una necesidad del proceso productivo en general pero por otra parte, son una expresión de necesidades generadas por un modo de producción determinado.

A pesar que la investigación básica y aplicadas son también un reflejo de un modo de producción determinado, su carácter más general permite una mayor amplitud de utilización e implicaciones que las independizan, en mayor medida, del modo de producción que le da origen. El desarrollo, siendo una parte del proceso de producción del conocimiento más concreta y más definida socialmente se ve más directamente ligada al modo de producción que le da origen.

Es pues importante que hagamos algunas observaciones sobre la importancia relativa de la investigación básica y aplicada y del desarrollo en la utilización de los recursos financieros y humanos que realiza el capitalismo en la etapa contemporánea.

Los estudios estadísticos sobre los tipos de investigación nos revelan una masiva preponderancia de los gastos en adaptación de los productos al mercado sobre las investigaciones de alcance más profundo.

En 1963 la investigación básica o fundamental representaba el 12.4% de los gastos de investigación y desarrollo globales de las estadísticas de los Estados Unidos y el 12.5% de Gran Bretaña. En Francia (17.3%), Italia (18.5%), Bélgica (20.9%), Noruega (22.2%) y Austria (22.6%) se presentaban proporciones superiores en este rubro como lo señalamos entre paréntesis. Por otro lado los gastos en desarrollo representaban una proporción sustancial de los presupuestos generales en investigación y desarrollo, alcanzando en Estados Unidos y Gran Bretaña el 65.5% y el 61.4% respectivamente. Otra vez los países de menor inversión en tecnología presentaban proporciones inferiores que estaban en el rango de los 40%. Por último, la investigación aplicada gastaba el 22.1% en Estados Unidos y el 26.1% en Inglaterra, y variaba entre el 31% y el 41% en los demás países señalados (5). Estas proporciones tienden a mantenerse constantes (6).

El grueso de las investigaciones básicas se realizan en la Universidad, que se acaparan el 53.5% en los gastos del sector en 1975 (estimado por la National Science Foundation). Si sumamos a los gastos de las Universidades con investigación básica los gastos de las instituciones de investigación financiadas por el Estado e instituciones no lucrativas tendremos el 67.9% de estos gastos. Las instituciones del estado realizan el 16% de los gastos del rubro investigaciones básicas y las corporaciones el 16.1%. Es interesante señalar sin embargo que cerca del 21% de los gastos de las corporaciones de investigación básica son financiadas por fondos estatales (7). Esto quiere decir que la empresa privada se preocupa por el conocimiento fundamental en función de ciertos proyectos específicos y con financiamiento ajeno.

Cuando analizamos la investigación aplicada vemos que el papel de las corporaciones aumenta sustancialmente para el 54.7% del total de gastos (de los cuales 27% viene de los fondos del Estado). El gobierno realiza directamente el 24.5% de los gastos y la universidad el 9.7% dejando a las demás instituciones citadas un porcentaje de 11.1%.

Pero cuando analizamos los gastos de desarrollo, que convierten los conocimientos generales antes señalados en resultados comerciales, los laboratorios de las compañías privadas asumen el papel determinante. En 1975, según las mismas fuentes, las corporaciones privadas gastaron el 84.6% de los presupuestos en desarrollo (42% de estos fueron financiados con fondos públicos) los laboratorios y centros de investigación pertenecientes al gobierno gastaron el 11.6%, las universidades el 0.6%, las instituciones financiadas por el gobierno en las universidades el 1.5%, las otras instituciones no lucrativas el 1.7%. (8). Es siempre importante notar la presencia constante del Estado subvencionando la empresa privada para dar un sentido comercial a los avances tecnológicos producidos por la sociedad en su conjunto y los científicos en particular.

La relación entre los varios pasos que componen el proceso de investigación y el orden económico e institucional es pues clara. El desarrollo general del conocimiento (investigación básica) le incumbe a la universidad, su aplicación (investigación aplicada y desarrollo) y su transformación en propiedad privada e instrumento de monopolio compete a las empresas. El estado se ocupa de investigaciones de interés general también, pero financia masivamente la actividad de investigación y desarrollo de las universidades y de las empresas privadas. Los fondos son públicos, pero la apropiación de sus resultados es absolutamente privada.

4. PRODUCTOS Y PROCESOS. INVENCION E INNOVACION

La investigación se clasifica aún según sus objetivos productivos. Se investigan nuevos productos que sirven para el consumo productivo o final o nuevos procesos que permiten producir antiguos o nuevos productos en menor tiempo y con mayor ahorro de materiales. No se pueden excluir evidentemente las investigaciones para el simple "perfeccionamiento" de los procesos ya existentes.

El descubrimiento de nuevos procesos de producción o el mejoramiento de los ya existentes pueden dar origen a nuevos productos. Viceversa: el perfeccionamiento de productos (particularmente maquinarias o materias primas) afecta los procesos de producción. Hay así una interrelación y una interacción entre los dos conceptos. La investigación en procesos tiene sin embargo un alcance mayor pues provoca el aumento de la capacidad productiva de la humanidad, disminuyendo el tiempo de trabajo socialmente necesario para producir las necesidades humanas básicas. Ella se asocia directamente al aumento de la productividad del trabajo, al crecimiento económico y a la rebaja de los costos.

Sin embargo, según cálculos realizados en Estados Unidos, "el 90% de la investigación y desarrollo de las industrias está orientada hacia la innovación de productos en lugar de la innovación de procesos" (9). Mathews plantea incluso la hipótesis de que esta orientación tan masiva hacia la innovación de productos explicaría la escasa relación que él encontró en los datos correspondientes, entre los gastos en investigación y desarrollo y los índices de crecimiento económico. Esta orientación tan marcada hacia el desarrollo en detrimento de la investigación básica y aplicada (como vimos anteriormente) y hacia las innovaciones de productos en detrimento de las innovaciones de procesos nos muestra el grado de desperdicio de la capacidad intelectual que conllevan los gastos actuales de tecnología en el capitalismo. Tal constatación se hará aún más clara cuando veamos la importancia de la investigación militar en el conjunto de la inversión en investigación y desarrollo.

¿Cómo se explican esas tendencias?

La predominancia del desarrollo de productos en las economías capitalistas está estrechamente ligada a la competencia monopólica que busca acentuar los factores diferenciadores de calidad y de estilo de los productos para aumentar su consumo y provocar la rápida obsolescencia útil o moral de los mismos con el objetivo de dar paso a nuevas compras. Las técnicas de mercadeo asumen así un rol dominante sobre la investigación científica, la condicionan y la deforman (10). En los países socialistas, hay por otro lado, una concentración casi absoluta de la investigación en la mejoría y descubrimiento de nuevos procesos de producción, con especial énfasis en la automatización. Esta orientación concreta de la investigación debe ser tomada en cuenta cuando se miden las cantidades globales de recursos destinados en ellos a la investigación y desarrollo.

Pero el análisis de las modalidades de la investigación y desarrollo debe tomar en consideración también las formas y etapas de la producción de la tecnología. La investigación busca encontrar productos o procesos nuevos que sobrepasen el grado de conocimiento existente en el sentido de no ser obvios en un momento dado.

En tal caso se produce una invención o el descubrimiento de un producto o proceso nuevo. La invención provoca un cambio tecnológico cuando afecta el proceso productivo, cuando altera los equipamientos, productos y organizaciones hasta entonces existentes. Pero para que este cambio tecnológico se convierta en una realidad productiva son necesarios varios pasos intermedios entre la producción del nuevo conocimiento y su adopción en las unidades productivas.

Cuando la invención es incorporada por la empresa a la producción se produce una innovación. Mientras la invención es un producto esencialmente intelectual la innovación es ya un fenómeno económico y depende estrictamente de la organización. El proceso de la incorporación de una invención supone en el régimen de mercado, un elevado grado de suerte o riesgo. Por esto las invenciones no tiende a ser asimiladas inmediatamente por las empresas.

Por esto, las grandes empresas no tienden a arriesgarse iniciando la innovación tecnológica. Ellas prefieren, en general, esperar que una firma pequeña cubra los riesgos de instalación y lanzamiento del nuevo producto así como los gastos de su adaptación al mercado y al aparato productivo. En seguida, probada la viabilidad del producto o proceso, la gran empresa lo compra o lo copia para incorporarlo a su producción.

La gran empresa no acostumbra correr también con los gastos de investigación en la etapa de la creación que podrá o no resultar en una invención. Ella prefiere, otra vez, que las pequeñas empresas, los laboratorios y equipos de investigación privados o individuos corran el riesgo de inventar un proceso nuevo. Hecha la invención se plantean gastos enormes para convertir la invención en un hecho comercial. La etapa de desarrollo es en general muy cara y sólo la gran empresa está en condiciones de absorber estos gastos.

Los graves problemas y los gastos de desarrollo que plantea la conversión de una invención en un producto comercial muestra que la clave de la hegemonía tecnológica está en la capacidad financiera de realizar el desarrollo final del proceso o producto (11)-

Sin embargo, las empresas monopólicas se ven cada vez más en la necesidad de controlar directamente la producción de nuevos conocimientos pues la relación entre la investigación científica pura y las invenciones e innovaciones se hace cada vez más orgánica en la medida que avanza la revolución científico-técnica. La relación se expresa en el acortamiento del tiempo entre el descubrimiento de los principios o leyes científicos y su aplicación a la invención de nuevos productos o procesos y su desarrollo en una realidad productiva viable. Estas etapas del proceso inventivo se hacen cada vez más próximas, interligadas y complementarias.

Por esta razón, las grandes compañías tienen que encontrar la fórmula de dominar el proceso del conocimiento en su conjunto. Una posibilidad es la de invertir una parte creciente de su capital en la investigación y desarrollo, otra es la encontrar financiamiento estatal para realizar el conjunto del proceso al interior de la empresa, la tercera es la de utilizar las exenciones de impuestos de renta para financiar fundaciones y actividades universitarias y garantizar que los resultados científicos o tecnológicos alcanzados se conviertan en su propiedad. De hecho todas estas fórmulas son complementarias involucrando en su conjunto un papel creciente de la inversión estatal y empresarial en la investigación científica.

La inversión en la Ciencia pasa a ser así una parte esencial de la acumulación capitalista y el Estado, órgano máximo de este modo de producción, asume la tarea de convertir tal necesidad en una realidad.

En los próximos capítulos analizaremos más en detalle los gastos en investigación y desarrollo y, en seguida, las bases institucionales de la misma para seguir posteriormente analizando sus relaciones con el crecimiento económico, el excedente económico y la inversión.

NOTAS DEL CAPÍTULO III

(1) Engels había ya establecido una ley de crecimiento de la producción científica que relaciona el material cognoscitivo acumulado en cada período histórico con los nuevos avances producidos o a producirse en la etapa siguiente: “Pero la ciencia crece, por lo menos, con la misma rapidez que la población; la población crece proporcionalmente al número de la última generación, y la ciencia avanza proporcionalmente a la masa de conocimientos heredados de la generación precedente, por lo tanto, en las condiciones más habituales crece también en proporción geométrica”. En el período de la revolución científico-técnica el ritmo de crecimiento parece acelerarse sea en lo que respecta al número de científicos y a los gastos en actividad científica sea en lo que respecta al área de aplicación de la ciencia, sea, en fin, al que respecta a su complejidad teórica y sus campos de conocimientos.

(2) Según la National Science Foundation, la investigación básica “sta dirigida hacia el acrecentamiento del conocimiento científico en lo que respecta al completo conocimiento del asunto, antes de que a la aplicación práctica posterior”. Para el caso de las compañías privadas la definición oficial de la investigación básica sufre cambios: “investigaciones originales para el avance del conocimiento científico que no tienen objetivos comerciales específicos, a pesar de que pueden ser en campos de interés presentes o potenciales para la compañía que reporta”. Ver “Thechnical Notes” del estudio citado: National Patterns of R & D. Resources, p. 15.

(3) “La investigación aplicada se dirige a la aplicación práctica del conocimiento”. En el caso de las encuestas dirigidas a las corporaciones se especifica: “proyectos de investigación que se dirigen a descubrir nuevos objetivos científicos comerciales con respecto a los productos o procesos”. Op. cit. , p. 15.

(4) La National Science Foundation entiende por desarrollo: “El uso sistemático del conocimiento científico dirigido hacia la producción de materiales útiles, aparatos, sistemas o métodos, incluyendo diseño y desarrollo de prototipos y procesos” Op. cit., p. 15

(5) Richta, La Civilización en la Encrucijada, op. cit, cuadro IV/6, A. P. 384.

(6) En 1975, según estimaciones de la National Science Foundation, la investigación básica en Estados Unidos representaba el 12% de los gastos generales, la aplicada, el 23% y el desarrollo el 65%.

(7) Datos del 1975 según la fuente señalada de la National Science Foundation.

(8) Todos los datos fueron sacados del informe sobre National Patterns o R & Resources, op. cit. Pags 4 y 5.

(9) R. C.O. Mathews, "Contribución de la I & D al Desarrollo Económico", B. R. Williams, op. cit, p. 12.

(10) Así explica, en resumen, J. K. Galbraith la tendencia a la investigación de productos: "El producto nuevo pasa el examen no cuando llena una necesidad del consumidor, sino simplemente si puede ser vendido. Por el solo hecho de ser nuevo, crea una imagen de que es mejor, ya que, según los neo-clásicos si es nuevo es porque necesariamente es mejor, ya que no reconocen otro tipo de innovación. Esto conjuntamente con la publicidad juegan un papel importante en estimular la obsolescencia psíquica de bienes y la necesidad de reponerlos. Siendo un claro ejemplo la industria de autos. De esta forma la asignación de recursos para la investigación y desarrollo se basa en lo que si puede ser vendido. El efecto de cada innovación es el denunciar como obsoleto el producto anterior y crear una demanda nueva y luego repetir el proceso. Este procedimiento se ha perfeccionado en la industria de armamentos con el agravante de que la tecnoestructura recurre al argumento del "secreto militar" (a los que tiene acceso) para evitar que el público o la legislación intervenga en la toma de decisiones". Ver J. K. Galbraith, "Tecnología en la Economía Altamente Desarrollada" en B. R. Williams, op. cit.

(11) Para ilustrar este punto de vista citemos a John Jewkes, David Sawers, Richard Stillerman en su libro *The Sources of Invention*, The Norton Library 2da. Edition, Nueva York, 1969, que desarrollan el célebre ejemplo de la invención de los plásticos "en 1935, después de 7 años de trabajo de fortunas muy dispares y muchas frustraciones, trabajo que podría haber llevado a cualquiera o a ninguna parte, W. H. Carothers, en los laboratorios de la Cía. Du Pont, produjo la primera fibra de nylon y du Pont se aabocó a la tarea de transformarlo en un producto comercial. En 1939 comenzó la producción en larga escala del nylon. La du Pont tomó cerca de 4 años de desarrollo para alcanzar su objetivo. Las estimaciones establecen el costo total del último estadio de investigación y desarrollo en más de 1 millón de dólares; por este período estaban involucrados 230 expertos y técnicos en el trabajo", p. 30.

IV . La ciencia como Inversión; hechos y tendencias.

Hemos visto en el capítulo anterior las razones que llevan al capitalismo a desarrollar la investigación científica. Vimos también como ese desarrollo lleva a una acumulación de conocimientos que produce un salto histórico a partir de la Segunda Guerra Mundial cuando se inicia una nueva etapa del avance de las fuerzas productivas: la revolución científico-técnica. En este nuevo período, la inversión en investigación y desarrollo pasa a constituirse en una parte necesaria de los costos de producción de las empresas y de los gastos del Estado. Por último hemos visto como esa revolución científico-técnica se opera en el cuadro de la existencia en la escena internacional de una nueva formación social -el campo socialista- que imprime su sello propio al ritmo y al contenido de la revolución científico-técnica. Tal hecho se revierte sobre el mundo capitalista y modifica su funcionamiento impulsando, a través de la competencia militar y económica, el desarrollo del conocimiento científico y tecnológico.

Dado este contexto general, se hace necesario averiguar en seguida las dimensiones reales de esta revolución científico-técnica en lo que se refiere a los costos de la investigación y desarrollo. Hay que estudiar también el contenido de estos esfuerzos científicos y tecnológicos analizando hacia que sectores de la economía se destinan los gastos señalados. Por fin, hay que determinar quiénes o qué instituciones se ocupan de esta actividad y en que proporción, lo que haremos en el próximo capítulo.

Esta tarea descriptiva es necesaria para comprender el vínculo de la investigación y desarrollo con el crecimiento económico, con la formación del excedente económico y con las inversiones.

1. LA INVERSIÓN GLOBAL EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Empezamos nuestro análisis de las tendencias de la investigación y desarrollo como inversión, estudiando sus características globales.

En primer lugar, debemos señalar el carácter reciente de esta actividad. Hasta el último cuarto del siglo pasado, la actividad inventiva e investigadora en obra de individuos que montaban sus laboratorios privados en condiciones bastante precarias. Los primeros laboratorios industriales instalados en Estados Unidos datan de 1867 por Thomas Edison, 1886 por Arthur D. Little, 1893 por B. F. Goodrich, 1900 por General Electric, 1902

por Du Pont, 1907 por Bell Telephone System. (1) Al estallar la Primera Guerra Mundial existían en Estados Unidos más o menos 100 laboratorios de investigación. Durante la Primera Guerra ellos ascendieron a cerca de 300 y conservaron una magnitud similar hasta la Segunda Guerra Mundial cuando empieza el auge de los centros de investigación en las empresas que alcanzaban en 1960 el aventajado número de 5400.

Los datos son aún más reveladores del carácter reciente de la I & D institucionalizada cuando examinamos el número de científicos e ingenieros dedicados a la investigación y desarrollo. En Estados Unidos habían 87,000 científicos e ingenieros dedicados a la investigación y desarrollo en 1941, en 1951 ya se habían elevado a 158,000 en 1961 a 387,000 en 1974 éstos eran 528,000.

“En las últimas dos décadas el empleo de científicos e ingenieros dedicados a la investigación y desarrollo creció a una tasa media anual de 4.1%, mucho más rápido que la de todos los profesionales y trabajadores sumados y 1.6 veces más que la tasa para todos los trabajadores” (2). Después del auge alcanzado en 1968, la tasa de crecimiento del número de investigadores bajó significativamente debido al estancamiento y retroceso del empleo de investigadores científicos e ingenieros provocado por la crisis económica. Entre 1969 y 1972, la tasa anual de crecimiento del número de estos profesionales bajó al 2.2%. De 1972 hasta 1975 hubo un modesto crecimiento anual del 1%.

Estos fenómenos ocurren con el mismo ritmo vertiginoso (y hasta mayor) en la URSS. Los institutos de investigación científica en este país aumentaron en 789 en 1940 a 2,388 en 1969. El número de trabajadores en la investigación científica creció de 163,000 en 1950 a 883,000 en 1969. (3) En 1972 éstos eran 1,056,017 (cerca de 1/3 de todos los científicos del mundo), según se puede ver en las gráficas IV-1 Y IV-2.

GRÁFICA IV-1

GRÁFICA IV-2

Las cifras son similares en Europa Occidental y Oriental y en Japón. En estas regiones el número de institutos de investigación y científicos se incrementa a ritmos muy elevados. Sin embargo, los países socialistas presentan en general un avance más significativo sobre todo si se considera el atraso relativo del cual han partido. Es interesante ver cómo países retrasados hace 20 años, como Checoslovaquia, Polonia y Hungría, alcanzan índices similares a los de Inglaterra, cuna de la tecnología moderna o a Alemania, Francia y Holanda.

Estos datos que presentaremos más en detalle enseguida indican la importancia que viene adquiriendo la revolución científico-técnica en el campo socialista.

Si tomamos el número de investigadores vamos a encontrar que en 1971 había 89,200 investigadores dedicados a la investigación y desarrollo en Alemania Federal, lo que representaba 15 investigadores por 10, 000 habitantes. En 1972 las cifras indicaban 16.2 investigadores por 10, 000 habitantes en este mismo país (4). En 1973 Francia tenía 11.8 investigadores por 10, 000 habitantes (en 1970 habían 58, 600 investigadores dedicados a I y D). Gran Bretaña tenía en 1967; 63,000 investigadores; en 1963 ellos correspondían a 11 por 10, 000 habitantes. Estados Unidos tenía en 1973 525, 000 investigadores dedicados a la investigación y desarrollo lo que representaba 25 por 10, 000 habitantes. Japón tenía 316, 000 en 1972 que representaban 29.7 por 10, 000 habitantes. En 1973 eran 33.2 por 10, 000.

Veamos ahora los países del campo socialista sobre los cuales poseemos datos. En 1972, la URSS tenía 1, 056, 017 investigadores dedicados a la investigación y desarrollo. Considerando que su población total es muy inferior a los Estados Unidos podemos entender cómo en 1973 había en la URSS 44.4 investigadores dedicados a la I y D por cada 10, 000 habitantes. En Polonia había 64, 700 investigadores en I y D en 1971. Ellos representaban 19.7 por cada 10, 000 habitantes. Índice que subió a 24.7 en 1972. Checoslovaquia tenía 40, 100 investigadores en I y D en 1972, que representaban 27.7 por cada 10, 000 habitantes.

En los países subdesarrollados las estadísticas indican un estado aún preliminar a la investigación y desarrollo sistemáticos. Argentina era uno de los casos más adelantados y poseía en 1971 6,500 investigadores dedicados a la I y D. Estos representaban en 1972 a 3 investigadores por cada 10, 000 habitantes. España tenía en 1970 5, 850 investigadores en I y D que correspondía a 1.7 por cada 10, 000 habitantes. México tenía 4, 050 investigadores en I y D en 1971 que correspondía a 0.8 por 10, 000 habitantes. Es interesante comparar esos datos con un país recién salido de las condiciones más atrasadas en el campo científico, como Cuba. En 1969 había en Cuba 1850 investigadores en I y D que correspondían a 2.2 por 10, 000 habitantes. Este índice subió a 3 por cada 10, 000 en 1972.

Los datos que acabamos de analizar se encuentran resumidos en la gráfica IV-3 que nos muestra una comparación entre varios países en lo que respecta al número de científicos e ingenieros trabajando a tiempo completo en Investigación y Desarrollo por cada 10, 000 habitantes. Por tratarse de datos compartivos reflejan la importancia asignada a la actividad de I y D por países y los resultados ya alcanzados en lo que respecta al personal científico.

Debemos pasar enseguida a considerar los gastos en Investigación y Desarrollo en su conjunto. Ellos no reflejan los resultados alcanzados pero son el indicador más directo del esfuerzo global en el desarrollo de la actividad científica.

En primer lugar debemos examinar el valor absoluto de estos gastos y enseguida debemos compararlos porcentualmente con el Producto Nacional Bruto para determinar su importancia relativa en cada país.

Es necesario señalar que esos datos son extremadamente recientes pues hasta la Segunda Guerra Mundial los gastos en I y D no tenían mucha importancia. Las gráficas IV-4; IV-5; IV-6 Y IV-7 que presentamos enseguida nos permiten tener una visión panorámica de las tendencias básicas a este respecto. Si tomamos a Estados Unidos, país líder en el valor absoluto de gastos en este campo debemos señalar que en 1929 los gastos de Investigación y Desarrollo representaban solamente 160 millones de dólares o 0.2% del PNB. En 1945, ellas representaban 710 millones de dólares y el 0.6% del PNB. En 1949 ya había saltado a 2,600 millones de dólares y el 1.0 % del PNB. De ahí en adelante hay nuevos saltos importantes hasta que en 1974 Estados Unidos gastaba 32,000 millones de dólares en I y D que corresponde al 2.25% del PNB (5).

GRÁFICA IV-3

GRÁFICA IV-4

GRÁFICA IV-5

GRÁFICA IV-6

GRÁFICA IV-7

En 1973, la URSS gastaba 18,900 millones de dólares en I y D que representaban el 5.0% de su PNB. Estas proporciones se repiten más o menos en valores similares para los países capitalistas y socialistas. Tomemos algunos datos recientes; la RFA gastó en 1974 el 2.3% de su PNB en I y D. Francia el 1.72% en 1972. Gran Bretaña el 2.1% en 1972. Japón el 1.65% en 1972. Del otro lado, Polonia gastó el 3.0% en 1972; Checoslovaquia, el 4.3% en 1973; Hungría el 2.9% en 1972.

No es de extrañarse que se encuentren en los países subdesarrollados cifras muy inferiores. Por ejemplo: India gastaba 0.5% de su PNB en I y D en el año de 1970; México, el 0.2% en 1971; España, el 0.25% en 1972. Otra vez cabría citar aquí el ejemplo de Cuba que en 1969 ya destinaba el 2.4% de su PNB a los gastos de I y D salto histórico que sólo se explica por el cambio en las relaciones de producción en este país que empieza a separarse de los índices de subdesarrollo del resto del subcontinente a que pertenece.

2. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO Y EDUCACIÓN

Los cambios operados directamente en la actividad científica sólo son posibles con un desarrollo igual o superior de la acción educacional en su conjunto. A esa actividad, que ha pasado por modificaciones fundamentales en los últimos años, le cabe no sólo formar los investigadores e ingenieros que se dedican directamente a la Investigación y Desarrollo. A ella le incumbe también formar la mano de obra calificada que utilizará las nuevas máquinas producidas por la ciencia y la tecnología. El aumento de la mano de obra calificada exige un esfuerzo educacional creciente y aún la mano de obra no calificada tiene que disponer de los conocimientos básicos indispensables como lectura, matemáticas, etc. Es necesario señalar que el aumento gigantesco del excedente económico producido por la revolución científico-técnica genera también las condiciones para que surjan nuevas actividades de servicios y consecuentemente un gran aumento de la educación no directamente dirigida hacia el sector productivo. En consecuencia, la revolución científico-técnica está asociada a un aumento de los gastos de educación, del número de estudiantes y del número de profesores.

Los gastos en educación han aumentado enormemente su importancia relativa en la economía, podemos medirlo en relación al producto nacional bruto.

En Estados Unidos esos gastos variaron en torno a los 3.5 % del PNB entre los años de 1920 y 1950, presentándose una baja importante solamente durante la Segunda Guerra Mundial. En 1956, ellos subieron al 4.6% en 1960 al 5.4%; en 1966 al 6.6%, quedándose posteriormente en este nivel hasta la crisis de 1974-75. Este salto en el peso relativo de los gastos en educación conocido como el "boom" educacional de la década del 60. A pesar de las bajas recientes en los presupuestos de educación así como en los gastos de investigación y desarrollo (6) se puede afirmar que esos índices reflejan una tendencia estructural de ampliar el marco de la formación educacional como consecuencia de las exigencias de la revolución científico-técnica.

Tanto es así que encontramos las mismas tendencias en los demás países capitalistas y mucho mas fuertes en los países socialistas.

La RFA, por ejemplo, aumentó la participación de los gastos en educación en el PNB del 2.4% en 1950 hacia el 2.9% en 1960, el 3.4% en 1966 y el 4.0% en 1972. La Gran Bretaña alcanzó el 4.3% en 1960, el 5.3% en 1966 y el 5.9% en 1971. Suecia subió del alto porcentaje del 3.5% en 1950 hacia el 4.8 en 1956, de 6.7% en 1963, el 8.1% en 1968 y el 7.9% en 1972. Canadá había saltado al 8.5% en 1971. La única excepción a esta tendencia en el campo capitalista se presenta en Japón que después de haber alcanzado los 5% en 1954 volvió a los índices cercanos a los 4.0% que presentaba en la década del 50.

Los países subdesarrollados y dependientes a pesar de los aumentos registrados quedan muy debajo de los altos gastos presentados en los países desarrollados, reflejando su retraso en absorber los avances de la revolución científico-técnica. Argentina, por ejemplo logró alcanzar los 2.4% en 1972 pero osciló entre el 1.9% en 1960, el 3.0% en 1965 y el 1.9% en 1970, lo que revela su incapacidad de mantener un crecimiento sostenido de los gastos en educación en relación a su PNB. México presentó una tendencia más sostenida saltando del 0.4% en 1950 al 0.8% en 1958, al 2.5% en 1966 y manteniéndose en este nivel hasta 1972 (2.7%). Brasil, después de saltar del 1.8% en 1954 al 2.3% en 1960 bajó a 0.7% en 1963, 1.4% en 1965, 1.0% en 1966, para recuperarse solamente en 1970 cuando pasó a los 3.3%. India saltó de los 0.8% en 1950 a los 2.0% en 1955, 2.3% en 1960 y 2.6% en 1965. En los países socialistas se presenta una tendencia sostenida al crecimiento relativo de los gastos en educación en relación al PNB. Es así que la URSS ya presentaba un porcentaje del 5.8% en 1955, subiendo al 6.4% en 1963, al 7.2% en 1968 y al 7.6% en 1973. La República Democrática Alemana gastaba el 5.1% de su PNB en educación en 1960, el 5.2% en 1965, el 5.3% en 1970 y el 5.7% en 1972. Polonia presentaba los siguientes datos: 3.0% en 1956, 4.6% en 1961, 7.2% en 1966, 8.5% en 1971. Checoslovaquia: 3.7% en 1960, 5.3% en 1965, 4.4% en 1970 y el 4.6% en 1972.

Es importante señalar dos ejemplos de países que buscan un modelo de desarrollo socialista y que se liberaron hace poco más de una década y media de las condiciones educacionales más negativas. Cuba elevó sus gastos en educación al 5.7% del PNB en 1963 (comparese con los otros países latinoamericanos citados), el 7.0% en 1965, el 7.5% en 1966 y los mantiene en un nivel elevado. Argelia que gastaba el 2.8% de su PNB con la educación sobre todo de los franceses que habitaban en el país en 1954 pasó al 3.8% en 1965 y al 7.2% en 1971 y al 7.8% en 1972. (7)

La formación de investigadores y el desarrollo del conocimiento también se reflejan en el aumento de la población estudiantil. Entre 1931 y 1933 el número de estudiantes por 100,000 habitantes en los Estados

Unidos medido en promedio anual era de 884; en 1960 y 1964 esa media anual subió a 2264. En Francia aumentó de 201 a 785; en Japón de 260 a 863; en la URSS alcanzó 1389 en 1960 y 1964 habiendo partido de una base muy baja. En Estados Unidos, el porcentaje de estudiantes admitidos en los establecimientos de enseñanza superior aumentó del 24.0% en 1950 al 38.2% en 1970.

El porcentaje de personas que han recibido una formación superior completa en relación a la población activa había alcanzado en 1961 el 8.89% en Estados Unidos, el 4.43% en Gran Bretaña, el 4.27% en Canadá, el 4.05% en la URSS. (8) en Estados Unidos (1972), 49.8% en Canadá (1972), 30% en Francia (1971), 34.3% en Dinamarca (1972), 31.1% en Suecia (1972), 28.2% en Italia, mientras en Portugal era del 6.6% (1970) indicando la diferencia en las estructuras que no viven directamente la revolución científico-técnica.

Del análisis factual que realizamos hasta el momento en este capítulo quedan pues algunas conclusiones evidentes: la investigación y desarrollo es una actividad que se desarrolló a partir del siglo pasado en forma episódica y poco institucional para convertirse en una actividad permanente en el siglo XX y dar un salto cuantitativo y cualitativo después de la Segunda Guerra Mundial. En la postguerra el número de científicos e investigadores pasó a representar una parte importante de la fuerza de trabajo y supera en número cualquier precedente histórico. En este último periodo también la investigación y desarrollo pasó a representar un porcentaje significativo del PNB de los países capitalistas desarrollados pero se nota un esfuerzo relativo mucho mayor en los países socialistas y al mismo tiempo un porcentaje muy bajo en los países capitalistas dependientes y menos desarrollados. Las mismas tendencias se presentan cuando se analizan los datos sobre gastos en educación en relación al PNB así como el número de estudiantes en relación a la población.

Podemos asociar esos datos a la revolución científico-técnica. Es ese salto cualitativo en el contenido y en la intensidad de los conocimientos científicos que lleva a esos cambios tan importantes en la configuración estructural de los gastos de las características del personal dedicado a la ciencia, a la ingeniería y a la educación en general.

Pero no basta constatar esas tendencias generales. Es necesario saber qué contenido tiene este esfuerzo global en investigación y desarrollo. Para esto se hace necesario desarrollar un apartado especial sobre el contenido de los gastos en investigaciones y desarrollo, es decir, el tipo de investigación realizado, los sectores y ramas hacia la cual se destinan esos gastos y su importancia en la economía.

3. INVESTIGACIÓN BÁSICA, APLICADA Y DESARROLLO: TENDENCIAS

Cabe pues preguntar ¿a qué tipo de tarea investigativa se destinan esos recursos? Lamentablemente no poseemos información detallada sobre este fenómeno sino para los Estados Unidos. Conforme se puede ver en el cuadro IV-1 la investigación básica aumentó de manera sostenida su participación en los gastos totales de I y D entre 1953 y 1970. En 1953 ella representaba el 8.3% del total de gastos en I y D en 1955, el 8.6% en 1960, el 8.8% en 1965, el 12.8% en 1970, el 13.6%. Las crisis económicas de 1969-71 y de 1973-75 tuvieron efectos globales de carácter negativo también para las actividades de I y D afectó evidentemente el crecimiento de este gasto que se apoya en el fondo social y no produce efectos económicos inmediatos. Por esta razón, en 1975, según las estimativas existentes. Los gastos de investigación básica bajaron su participación en los gastos globales en I y D para el 11.8%.

CUADRO IV-1

Los datos que poseemos sobre otros países no nos permiten encontrar un patrón definido (ver cuadro VI-2). Vemos que en los países de menor desarrollo económico los gastos en desarrollo final de productos y procesos son muy pequeños (Venezuela 2.5% en 1970. Argentina 21.3% en 1968) y se presentan porcentajes importantes de gastos en investigación básica que reflejan muchas veces una actividad teórica muy poco efectiva y la ausencia de una masa crítica de inversiones capaz de producir conocimientos nuevos. De esta manera, en tales países, las altas proporciones de gasto en investigación fundamental no son el reflejo de un avance en la relación entre la ciencia y la tecnología sino, por el contrario, de la ausencia de la misma.

CUADRO IV-2

Estos fenómenos ocurren con el mismo ritmo vertiginoso (y hasta mayor) en la URSS. Los institutos de investigación científica en este país aumentaron en 789 en 1940 a 2,388 en 1969. El número de trabajadores

en la investigación científica creció de 163,0000 en 1950 a 883,000 en 1969. (3) En 1972 éstos eran 1,056,017 (cerca de 1/3 de todos los científicos del mundo), según se puede ver en las gráficas IV-1 Y IV-2.

En los demás países capitalistas se encuentran proporciones muy dispares de gastos entre los varios tipos de investigación. Desde un 12.5% y un 7.5% de investigación fundamental en 1964 y 1970 en Gran Bretaña hasta un 19% en 1970 en Francia, un 16.7% en 1960 en Suecia y un porcentaje cercano a los 20% en Canadá y Bélgica, Italia y España. No se puede decir pues, con estos datos tan insatisfactorios que haya una tendencia clara y una proporcionalidad ideal entre investigación básica, aplicada y desarrollo.

El caso de Japón llama, sin embargo, la atención. A pesar del gran esfuerzo en adaptación de tecnologías extranjeras que realizó este país, sus gastos en investigación básica son mucho más altos que los demás países capitalistas desarrollados. En 1967 Japón gastaba 28.1% de las inversiones totales en I y D en investigación básica, este porcentaje creció al 37.3% en 1971 y al 34.3% en 1972. Es interesante señalar aún que en Japón las empresas destinaban 10.2% de sus gastos en I y D en investigación básica en 1967, mientras en Estados Unidos gastaban solamente el 3.1% en Gran Bretaña el 5%, en Francia el #% (11). Este comportamiento de la I y D en Japón se puede explicar sin embargo por 3 razones: en primer lugar porque las empresas de este país han concentrado sus esfuerzos de desarrollo en adaptar productos cuya tecnología se produce en otras partes lo que disminuye la proporción de desarrollo para cerca de los 40%, mientras Estados Unidos e Inglaterra gasta Del 60%. En segundo lugar, porque Japón no tiene gastos en tecnología militar, lo que también disminuye sus inversiones en investigación aplicada y desarrollo. En tercer lugar, porque Japón necesita, por razones de competencia internacional, alcanzar cierta hegemonía en sectores determinados de la tecnología, lo que le exige una investigación básica autónoma.

Al no disponer de los datos de la URSS y de la RDA, países que alcanzaron los niveles más altos de desarrollo científico en el campo socialista, se hace difícil establecer las tendencias que presentan en la distribución proporcional entre los tres grupos de investigación. Los datos disponibles en el Statistical Yearbook de la Unesco sobre Hungría, Polonia y Checoslovaquia, no indican un patrón definido, pues presentan grandes oscilaciones en el tiempo que no permiten encontrar una tendencia clara. En lo fundamental, los textos oficiales de la política tecnológica de estos países indican una gran preocupación en integrar la ciencia pura, la aplicada y el desarrollo a través de un vínculo estrecho entre la actividad universitaria, administrativa, de planeamiento y de las empresas. La sumisión del planeamiento y del desarrollo tecnológico a las definiciones científicas exige un gran desarrollo de la investigación básica y aplicada. Por otro lado, el poco énfasis en el ajuste de los productos al mercadeo implica menores gastos en su desarrollo final sin significar no obstante

una disminución aguda de su importancia relativa, pues continúa siendo el desarrollo la mediación final necesaria para la conversión de los productos y procesos en una realidad económica.

4. DISTRIBUCIÓN DE LA I Y D POR SECTORES ECONÓMICOS

Nuestro balance de las tendencias generales que sigue la investigación y desarrollo no sería completo si no analizásemos los sectores económicos hacia los cuales se destinan los cuantiosos gastos cuyos montos generales, tanto directos como indirectos, fueron vistos en este capítulo así como su desglose en investigación fundamental, aplicada y desarrollo.

Cuando analizamos la inversión en I y D por sectores advertimos cuan concentrada es la misma en algunas ramas económicas asociadas a tecnologías más sofisticadas. Esto se puede observar de inmediato si tomamos el dato sobre el porcentaje de gastos en I y D que realiza cada industria en relación a sus ventas totales (12). En 1961, los gastos de I y D de la industria de aeronaves y partes correspondían al 24.2% del valor de sus ventas; en la industria de instrumentos se gastaba 7.3% en la industria química bajaban los gastos en I y D en relación a ventas al 4.6%; en maquinaria, al 4.4%; en vehículos a motor y equipamientos para otros transportes, sumaban el 2.9%. En las otras ramas los gastos en I y D eran inferiores al 2.0% de las ventas.

Estos datos nos revelan indirectamente el alto grado de concentración de los gastos de I y D en ciertas ramas. Pero poseemos datos directos sobre este fenómeno. Según la OECD (13) los gastos en investigación y desarrollo se concentraban entre 1962-65 fundamentalmente en las ramas de aeronaves y misiles, equipo electrónico y productos químicos. Estas 3 ramas representaban los siguientes porcentajes de los gastos totales de I y D en los siguientes países: el 46.4% en Estados Unidos, el 43.0% en Gran Bretaña, el 39.7% en la República Federal Alemana, el 33.7% en Francia, el 33.7% en Japón, el 33.6% en Suecia, el 40.9% en Bélgica, el 35,7% en Holanda y porcentajes más bajos en países de menor desarrollo científico y tecnológico. Si tomamos en consideración solamente los gastos en I y D en el sector industrial, esas industrias intensivas en I y D llegan a representar el 76.1% de esos gastos en Estados Unidos el 67.9% en Gran Bretaña, el 72.6% en Francia, el 65.9% en la RFA, el 57.6% en Japón (hay que considerar que en estos dos países no hay gastos importantes en la industria de aeronaves y misiles que representan sin embargo el 38.3% de los gastos de I y D del sector industrial en Estados Unidos). En los demás países, los gastos de I y D de estos 3 sectores son en general superiores al 50% de los gastos en I y D de todo el sector industrial (ver cuadro IV-3).

Estos datos son por demás evidentes para demostrar la concentración de los esfuerzos en investigación y desarrollo en ciertas ramas de alta densidad de sofisticación e innovación tecnológica. Hay otros datos que reafirman esa constatación. Este es el caso del número de científicos e ingenieros que trabajan en tiempo completo en I y D por industrias o ramas. Según la Guía para Ciencia y Tecnología (14), en 1971, los sectores de aeronaves y misiles, equipamiento eléctrico y comunicación, química y productos similares y maquinaria empleaban 71.4% de los científicos e ingenieros de Estados Unidos. (15)

A partir de la crisis de 1969 hubo ciertos cambios importantes en los gastos de I y D entre los 4 sectores más intensivos en tecnología. Los gastos en aeroaves y misiles que estaban en la punta de la investigación y desarrollo pasaron al segundo lugar debido a la disminución de los recursos aportados por el gobierno para el desarrollo de esta rama. En 1964, los gastos en I y D de la rama de aeronaves y misiles alcanzó el auge del 37.5% de los gastos globales en I y D en Estados Unidos. En 1970 habían bajado ya al 28.9% y continuó su descenso en los años siguientes

El porcentaje de científicos e ingenieros empleados en aeronaves y misiles en Estados Unidos era del 25.5% en 1957 y cae al 21.3% en 1971.

Para completar el análisis de la distribución sectorial de los gastos en I y D se hace necesario analizar la distribución de los gastos del gobierno según los objetivos nacionales en varios países capitalistas desarrollados.

Con este análisis se evidencia de inmediato la importancia de los gastos militares asociados a la defensa nacional en el conjunto de los esfuerzos de I y D efectuados por los gobiernos. En Estados Unidos y Gran Bretaña los gastos en I y D en el campo de la defensa nacional representaban el 65% del gasto total en I y D de estos países en 1961. En Francia eran de 40% en la RFA del 22% en Japón del 4%. Los gastos en investigación espacial en esos países eran del 16% en Estados Unidos y de cerca del 1% en los otros. Otro campo ligado a la defensa nacional era la energía nuclear que representaba el siguiente porcentaje de los gastos en estudio: 7% en Estados Unidos, 15% en Gran Bretaña, 29% en Francia, 16% en RFA y 7% en Japón. De esta forma los gastos en I y D en sectores asociados a la defensa nacional (defensa nacional, espacio y nuclear) representaban el 88% de los gastos en Estados Unidos, el 81% en Gran Bretaña, el 70% en Francia, el 38% en Alemania y el 11% en Japón, en 1961.

Estos datos sufrieron ciertos cambios en 1969 cuando hubo una baja de los gastos directos en defensa nacional en todos los países señalados. Tales cambios se produjeron a favor sobre todo de los gastos en I y D en los sectores espaciales y de servicios de comunidades en Estados Unidos y sobre todo de los gastos en I y D en desarrollo económico en los demás países, excepto Japón donde los gastos en I y D se concentraron masivamente en estudios para el desarrollo de la ciencia. Para que el lector pueda tener una visión global de estas cifras, presentamos el cuadro IV-4.

CUADRO IV-4

Estos datos nos revelan la extrema distorsión que domina la investigación y desarrollo en nuestra época. Las necesidades militares asumen el rol preponderante en el desarrollo de la aplicación del cerebro humano al estudio de los fenómenos naturales y sociales. Por otro lado, como vimos el avance de la ciencia se encuentra limitado también por la aplicación de la capacidad de investigación en el ajuste de los productos a ciertas condiciones del mercado. Por los datos que hemos analizado indican una concentración de los esfuerzos científicos y tecnológicos en algunas regiones del globo terrestre llevando a que grandes masas humanas se vean apartadas del flujo científico mundial, sea como consumidoras, sea sobre todo como productores de conocimientos científicos y tecnológicos.

Este ligero balance nos indica por lo tanto que la revolución científico-técnica se encuentra aún en sus albores, que ella afecta aún sectores localizados de las sociedades dominante y muy marginalmente el mundo subdesarrollado. Que ella presenta tendencias a un crecimiento muy rápido particularmente en el campo socialista donde se caracteriza por ciertas orientaciones distintas que no lo son radicalmente por el atraso relativo de esos países que partieron de un nivel muy bajo de desarrollo de las fuerzas productivas y de la actividad científico-tecnológica pero que desde la segunda mitad de la década del 60 se vienen despuntando hacia una posición hegemónica en este sector. Este cambio los transformará en productores de tecnología y eventualmente en la vanguardia del desarrollo científico y tecnológico. Solo entonces las motivaciones sociales de la sociedad socialista avanzada deberán ser el principal motor del desarrollo científico, provocando un cambio radical en su contenido y orientación.

Un poco menos del 10 por ciento de toda la I y D se destina a estudios motivados por la curiosidad científica; aunque es frecuente que esta inversión sea difícil de justificar ante el Congreso, proporciona la fuente de la comprensión futura, y crea nuevos e impredecibles potenciales que existen latentes en el semillero de la tecnología actual. La parte preponderante de la I y D se orienta hacia las investigaciones aplicadas y hacia

la creación de aparatos. El público entiende muy poco de la ciencia básica, y el Congreso la considera a menudo como una tontería. Los intentos legítimos de este último de controlar los excesivos presupuestos para I y D consisten por lo general en reducciones de las partidas para ciencias básicas, en las que no se echan de menos los nuevos descubrimientos que no se producen. La Comisión de Asesoramiento Científico del presidente afirmó en repetidas oportunidades que la ciencia pura no es una tontería, y que como no es posible esperar que la industria invierta el dinero de los accionistas en búsquedas de conocimientos, sólo el gobierno puede asegurar su salud. En términos absolutos, la cantidad de dinero que se dedica a las ciencias básicas se duplicó con mucho en la última década y mantuvo una parte más o menos estable de la I y D totales del gobierno, que va de una mínima del 8 por ciento en 1956 al 10 por ciento en la década del 60. Pero los aumentos reflejan en gran parte una labor muy costosa en campos tan limitados como la física de las altas energías las ciencias atmosféricas y la oceanografía. Existe un hambre relativo de apoyo en el amplio espectro de la ciencia pura, que se ve sumergida por los gigantescos gastos para aceleradores, aviones y barcos de investigación y costosos equipos de laboratorio. En términos de fondos disponibles para el científico puro típico (que trabaja con un presupuesto relativamente bajo) y en la ejecución de investigaciones concretas (distintas de los costos de administración y de los equipos), es posible que hoy gastemos menos que antes del advenimiento en masa de los fondos gubernamentales Gerard Piel afirma que "estamos gastando más o menos un dólar por cada veinte de los que se encuentran a disposición de la ciencia aplicada, en comparación con la proporción de 1 a 6 que predominaba antes de la guerra". El programa espacial que por lo general invoca al reverenciado título de "ciencia pura" para justificar empresas para las cuales se carece de otros argumentos, contiene muy pocas investigaciones básicas. El grueso del programa, de más de 4,000 millones de dólares anuales, está destinado a la ingeniería y a la creación de quincalla, y una parte a las ciencias aplicadas vinculadas con misiones espaciales. Salvo como recurso de promoción de la NASA, para vender sus programas al Congreso, la ciencia pura es algo en lo cual se piensa después, que se intercala aquí y allá, de modo de proporcionar una carga útil improvisada para poner a prueba sistemas impulsores o de guía. El programa espacial "es en este momento el ejemplo más amplio de lo que le ha ocurrido a la ciencia debido a su absorción por un establecimiento gigantesco y de rápido crecimiento —a cusa David E. Lillenthal-. Las metas del programa no son metas científicas, son políticas"

APÉNDICE DEL CAPÍTULO IV

Fuentes de datos para la construcción de los cuadros y las gráficas

1. Science Policy studies and documents. Varios países: (Estados Unidos), 1968; No. 24 (Francia), 1971; No. 8, (Japón) 1967; No. 34, (Suecia), 1974; No. 7, (URSS), 1967. UNESCO, París, Francia.
2. Review of National Science Policy Varios países: (Estados Unidos), 1968; (Canadá), 1969; (URSS), 1969; (Austria), 1971; (Japón), 1967; (Italia), 1969; (RFA) 1967. OECD, París, Francia
3. The OECD Observer Varios números: No. 30, 1967; No. 33, abril 1968; No. 62, febrero 1973; No. 72, octubre 1967; No. 1975. OECD, revista.
4. Statistical Yearbook Varios años: (1968, 1970, 1972, 1973, 1974) UNESCO, París, Francia.
5. The research system OECD, volúmenes 1 y 2, París. 1972
6. Guide to World Science Varios volúmenes: Tomos: 1, 3, 3, 4, 11, 17, 22, 23, y 24, Francis Hodgson books limited Guernsey, British Isles, 1975
7. Science Indicators 1972, Report of National Science Board National Science Foundation Washington, USA 1973
8. Guide to Science and Technology in the USA Editor: Prof. David Skevington Francis Hodgson Limited Guernsey, British Isles, Octubre, 1973
9. Guide to Science and Technology in the United Kingdom, Editor: S. E. Macreavy Francis Hodgson Limited Guernsey, British Isles 1971
10. Industrial Research Britain Advisory Editor: I. D. L. Ball, Hairap Research Publications, London, 1968.
11. Monographies sur le development technologique, UNESCO, París, 1971.
12. National Patterns of R&D Resources 1953-1975, National Science Foundation, Washington, D. C. USA, 1975.

V. Investigación y desarrollo, monopolio y capitalismo de estado

1. EVOLUCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL DE LA I Y D.

En los capítulos anteriores pudimos constatar que el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología sigue una dirección determinada por las leyes de la acumulación capitalista. La lucha por la conquista del mercado obliga a las empresas a reducir sus costos entre otras maneras por la vía de la adopción de nuevos procesos productivos y nuevos productos. La acumulación de capital fortalece en consecuencia la utilización del conocimiento científico como base del sistema productivo en una dirección que busca disminuir incesantemente la cantidad de trabajo socialmente necesario incorporada en cada producto. La lógica de la competencia capitalista conduce así a una concentración tecnológica creciente que exige la circulación contra la producción, la tecnología y la ciencia. En las últimas décadas este proceso cambia de calidad y la producción se somete radicalmente a la tecnología y esta a la ciencia. En consecuencia, la superioridad tecnológica se vincula directamente al control de la producción del conocimiento científico incluso en sus fases más teóricas.

La investigación y el desarrollo pasan a constituir una parte esencial de la inversión capitalista, a pesar de estar aún concentrada en algunas ramas y algunas regiones del globo. La competencia del campo socialista que llegó recientemente a una etapa de producción autónoma de tecnología e investigación científica actúa también sobre la inversión en tecnología e investigación científica y desarrollo obligándolo a adoptar nuevas tecnologías.

La alta concentración de la investigación y desarrollo obliga al mismo tiempo a concentrar los recursos dedicados a estas actividades que pasan a ser realizadas cada vez más en los laboratorios y centros de investigación de las grandes empresas capitalistas de carácter monopolístico. El grado de concentración es sin embargo, tan alto que aún las grandes empresas no pueden asumir todo su financiamiento y surge la intervención estatal que se hace cada vez más esencial para subvencionar la I y D en las empresas y en las universidades realizar I y D directamente y orientar y planificar el conjunto del desarrollo científico y tecnológico.

El objetivo de este capítulo es analizar estas tendencias generales y sus elementos esenciales.

La investigación científica fue hasta el siglo XIX una actividad de pequeños grupos. Los estudios astronómicos egipcios, la Academia de Aristóteles, las organizaciones religiosas medievales, las universidades de esta época, los centros de investigación marítima portugueses, las Academias de Ciencias Burguesas, la enciclopedia, son algunas expresiones de cómo la actividad científica se fue organizando como actividad social relacionada al Estado o a los negocios. La explosión científica del siglo XIX fue la coronación de un largo proceso histórico de experiencia en la investigación. Ella dio origen a los centros de investigación privados, universitarios, de empresas, estatales que son las formas modernas de la investigación científica. Como vimos en su amplio espectro, la investigación se dedica a la comprensión de los fenómenos, a la aplicación de esta comprensión, al cambio de la realidad y por fin, a la adaptación de los descubrimientos realizados a la producción comercial, formando un conjunto complejo de actividades. La explosión científica del siglo XIX estuvo basada en los centros de investigación creados por la iniciativa individual, pero la explosión aún mayor de la revolución científico-técnica que ocurre en la segunda mitad de nuestro siglo se apoya en formas institucionales de investigación en las que el Estado, la Empresa y la Universidad desempeñan el rol principal.

Como vimos en el capítulo anterior hay una división de trabajo entre esas instituciones. La Universidad se dedica fundamentalmente a la investigación básica que se traduce en publicaciones que ponen a disposición del público científico y especializado los resultados obtenidos. Hay aún patrocinadores de estas investigaciones (sea el Estado, fundaciones privadas o empresas) que pueden recoger de primera mano y hasta con exclusividad (sobre todo en los casos que involucran secretos militares) los resultados de esta actividad científica pura.

Por otro lado, los laboratorios y centros de investigación autónomos o pertenecientes a las empresas se dedican fundamentalmente a la investigación aplicada y al desarrollo de productos y procesos según los intereses de las empresas. Esta parte de la actividad científica y tecnológica es de propiedad privada pudiendo cristalizarse en una patente, o paquete de patentes, en conocimiento no divulgado (un know how) o incorporarse simplemente en una máquina o un producto vendido por la firma. La actividad de I y D ocupa en nuestros días un papel cada vez más relevante en la estructura organizativa de las empresas llegando sus responsables al nivel de consejo directivo y los gastos de I y D corresponden a partes significativas de los gastos de salario, instalaciones y materiales.

Los centros de investigación de Estado, cumplen en general tareas de investigación sobre problemas de utilidad pública que no producen resultados rentables. De cualquier manera, sus resultados son también públicos y pueden ser incorporados en nuevos productos y procesos dependiendo de su interés comercial. El estado realiza también investigaciones de mercado y asumen ciertos costos de I y D que abren camino a la inversión privada en campos que exigen muchos esfuerzos anteriores a la inversión productiva.

Esta división del trabajo entre las distintas instituciones que componen la infraestructura de la I y D contemporánea obliga sin embargo a coordinar, sistematizar y planificar una actividad tan amplia y compleja en casi todas sus fases.

El carácter cada vez más concentrado y complejo de la investigación y desarrollo obliga a planificar incluso el proceso inventivo que se consideraba en el pasado una actividad típicamente subjetiva e individual.

Pero la planificación se hace mucho más evidente cuando se trata de convertir una invención en un proceso o producto concreto e insertarlo en la producción, lo que se llama la innovación. El plazo entre el período de descubrimiento del nuevo producto o proceso y de la innovación se ha acortado objetivamente en consecuencia del carácter más sistemático y planificado de la I y D.

Es necesario señalar sin embargo, que hay leyes económicas distintas que determinan la invención y la innovación.

La primera puede ser producto de una actividad accidental y no muy definida y puede no exigir inversiones significativas. Esta característica aleatoria y subjetiva de la invención ha disminuido cada vez más debido al carácter altamente dependiente del conocimiento científico que adquiere la investigación en nuestros días.

Pero lo que sin embargo no permite dudas es el carácter claramente económico de la innovación. La adopción de una nueva tecnología o de un nuevo producto solo se hace en base a un cálculo económico determinado por las condiciones de mercado y competencia, de financiamiento y sobre todo por la tasa y la masa de ganancia que proporciona al innovador.

En consecuencia, nos interesa analizar la relación entre el proceso de producción científica, la invención y la innovación y la estructura de mercado capitalista y de las unidades productivas capitalistas. La cuestión de la adopción de una nueva tecnología o producto depende por lo tanto del grado de control de la producción de esta tecnología que pueden disponer las empresas y de su conversión en un hecho económico.

2. MONOPOLIO, GRAN EMPRESA, E INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO.

A pesar de las condiciones técnicas superiores que aumentan la eficiencia de la relación entre el aparato investigador y el productivo en consecuencia de la organización, planificación e institucionalización de la investigación, no siempre se dan los resultados económicos que esas tendencias indican. El dominio monopólico de la investigación y del mercado que ejerce la gran empresa le permite incorporar los nuevos inventos a la producción según los principios que orientan sus cálculos económicos.

Estos principios no favorecen, en general, la adopción rápida de aquellas tecnologías que tienen efectos revolucionarios sobre el aparato productivo existente y que representan una fuerte inversión de capital que desvaloriza el capital en uso cuyo desembolso no haya sido aún recuperado por la empresa. A falta de una presión de la competencia que obligue a la introducción del cambio tecnológico revolucionario se puede demorar su aplicación no por razones técnicas sino económicas. En consecuencia, la innovación y su difusión solo se producirá cuando estén aseguradas las condiciones para aumentar los beneficios de la empresa.

A falta de presión coercitiva de la competencia, estas condiciones son básicamente la devaluación del capital invertido y/o la garantía de un mercado creciente que compense los costos de introducción del cambio tecnológico. Por último hay que considerar las condiciones de liquidez o el crédito de la empresa para asegurar las inversiones en capital fijo y circulante que supone toda innovación que cambie radicalmente las pautas tecnológicas existentes.

En este punto se puede comprender la importancia de la subvención estatal de los costos de la I y D y de instalación así como la garantía de un consumo estatal definido.

En consecuencia, a falta del estímulo estatal lo más probable es la abstención de las empresas monopólicas de convertir las nuevas potencialidades tecnológicas en innovaciones hasta que le sea conveniente, pudiendo retardar así el progreso técnico. De esta manera, el proceso de innovación y difusión de los nuevos procesos y productos, particularmente los más revolucionarios, sufre un retraso presentándose un ritmo de perfeccionamiento tecnológico muy inferior a las potencialidades generadas por la organización creciente del aparato científico. Se presenta aquí en forma superior la contradicción entre la socialización de las fuerzas productivas (en este caso la organización, institucionalización y creciente planificación de la investigación y el desarrollo) y las relaciones de producción basadas en la apropiación privada de los medios de producción (el comportamiento monopólico, los límites impuestos a la intervención del Estado, los límites del mercado).

En consecuencia, la conservación de las relaciones capitalistas de producción en la etapa de la revolución científico-técnica restringe su avance y sus efectos de dos maneras: primero, porque limita los procesos de socialización y planificación de la investigación científica al someterlos a los intereses privados de las empresas y grupos económicos; en segundo lugar, porque limita la incorporación a la producción de los avances científicos ya realizados ajustándolos a los estrechos intereses de las empresas monopólicas.

En la segunda parte de este trabajo debemos analizar más en detalle la relación entre el comportamiento monopolico y el crecimiento económico. En esta etapa de nuestra exposición se hace necesario otro estudio preliminar. Se trata de saber hasta que punto la actividad misma de producción de conocimiento se encuentra controlada por las grandes empresas. Como vimos, la capacidad de dominar el proceso de producción del conocimiento se ha convertido en una necesidad del monopolio en la medida en que se establece claramente la dependencia de la produccióna la tecnología y de ésta a la ciencia. Para desarrollar ciertos productos y aún para saber las posibles direcciones del desarrollo tecnológico hay que estar en contacto muy directo y actualizado con el desarrollo de la investigación científica más adelantada (1). Por esta razón la estrategia de control del mercado y de las innovaciones por las empresas tiene que incluir una política sistmática de monopolización de la I y D.

¿Qué nos dicen los datos sobre el proceso de producción del conocimiento por las empresas?

En primer lugar es necesario señalar que la mayor parte de la investigación y desarrollo se realiza en las empresas privadas aún que su financiamiento, como veremos en el próximo apartado, venga en buena medida del Estado. Por esta razón, para apreciar el proceso de monopolización de la I y D es necesario tomar los montos globales de los gastos en I y D realizados por las principales firmas.

Según estudios de la OCDE, los programas de I y D se encuentran altamente concentrados en algunas firmas conforme se puede ver en el cuadro V-1. En la mayoría de los países analizados se nota que los 100 mayores programas de I y D cubren más del 80% de los gastos globales y normalmente no pasan de 300 las firmas que realizan más del 90% de los gastos totales de I y D.

CUADRO V-1

Los datos muestran también que de hecho son cerca de 20 firmas las que realizan aproximadamente el 50% de la I y D en los países capitalistas más importantes: Estados Unidos (57%), Gran Bretaña (47.2%), Francia (47.7%). Por fin, queda claro aunque los 4 mayores programas de I y D concentran entre 20% y 64% de los gastos en I y D.

Estos datos nos indican que el grueso de la actividad en I y D se realiza de manera altamente concentrada en un pequeño número de firmas. Cabría sin embargo la pregunta: ¿son las mayores firmas las que realizan los mayores programas de I y D? Esta respuesta depende de los sectores económicos que analizamos. Ni siempre son los sectores de mayor intensidad de investigación y desarrollo por capital o ventas aquellos donde se concentran las mayores firmas. Hay ciertas ramas de tipo tradicional donde la I y D ha perdido mucha importancia y que se encuentran altamente monopolizadas. El caso más típico es el acero, una rama de gran innovación a fines del siglo pasado y que hoy día casi no demanda nuevas investigaciones y desarrollo (2).

Pero si es verdad que ni siempre las grandes firmas son las que realizan los mayores programas de I y D, es también verdad que los grandes programas de I y D son esencialmente una actividad de grandes empresas situadas en las ramas de mayor intensidad y dinamismo tecnológico. Es así que las empresas de más de 10,000 empleados realizaban 14,800 millones de dólares en gastos de investigación y desarrollo en Estados Unidos en 1970, mientras las de 5,000 a 9,999 gastaban 1,072 millones, las de 1,000 a 4,999, 1,091 millones de las de menos de 1,000 empleados 799 millones en un total de 17,857 millones de dólares invertidos en I y D. (3)

Los datos muestran situaciones similares para los otros países. A pesar de la tendencia general de existir mayor concentración en capital y ventas que en I y D por las razones que señalamos, la actividad de I y D es altamente concentrada y monopolizada por algunas empresas de más de 10,000 empleados localizados en ciertas ramas de mayor dinamismo.

Los estudios que pretenden identificar la intensidad de investigación y desarrollo con la estructura competitiva, oligopólica o monopólica del mercado son en general irrelevantes estadísticamente (4). Y esto es evidente pues la mayor o menor intensidad de gastos en I y D no depende exclusivamente de factores económicos sino fundamentalmente del desarrollo científico alcanzado en ciertas áreas del conocimiento y aplicables a ciertas ramas de producción. Es pues natural que las grandes empresas en general no sean necesariamente las que

realicen los mayores gastos de I y D. Pero sí es evidente que en las ramas de mayor intensidad de I y D serán ellos quienes concentren las inversiones más importantes en este rubro.

Esta afirmación se puede comprobar analizando los datos de la National Science Foundation y del Departamento de Comercio para los Estados Unidos en 1965 sobre el porcentaje de los fondos totales en I y D gastado por las 4 mayores firmas en programa de I y D por rama. Es así que, existiendo un porcentaje medio del 24% de la I y D realizada por los 4 mayores programas de I y D para todas las industrias, tenemos situaciones muy excepcionales en las ramas de mayor intensidad de I y D. Es así que los 4 mayores programas de I y D representan el 91% en vehículos a motor y otros equipamientos de transporte, el 80% en equipamiento eléctrico, el 58% en la rama de química industrial, el 58% en instrumentos científicos y profesionales, el 55% en equipamiento electrónico para comunicaciones, el 72% en equipamientos ópticos quirúrgicos, fotografía y otros instrumentos; el 59% en metales ferrosos primarios, el 53% en refinamiento y extracción de petróleo, el 71% en productos de caucho, el 53% en maquinaria, etc. (5)

Hemos visto sin embargo que los gastos de I y D suponen grandes riesgos y concentraciones de capital y que las empresas tienden a buscar el apoyo estatal para disminuir los riesgos y aumentar las ganancias que pueden obtener con las inversiones en I y D. En consecuencia es necesario analizar el rol del Estado en la actividad global de la I y D así como de la Universidad y otras instituciones no comerciales que se articulan con la empresa privada en un complejo esquema de funcionamiento en el cual la empresa no puede activar independientemente de otras fuentes de financiamiento y de realización de la I y D.

3. LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO, EL ESTADO, LA UNIVERSIDAD Y LA EMPRESA.

En lo que se refiere al proceso de organización de la producción científica debemos considerar en seguida el rol relativo que cumplen el estado, la universidad y la empresa capitalista en esta actividad.

Si miramos el cuadro V-2 basado en los datos de la OCDE veremos que, en 1963 y 1964, el gobierno financiaba una parte sustancial de la investigación y desarrollo en todos los países capitalistas, pero esta participación se hacía tanto más significativa cuanto más importante se presentaba la referida actividad en cada país. El Estado norteamericano financiaba el 64% de la investigación y desarrollo en 1963-1964, en seguida se encontraba Francia (64%), Canadá (55%) y Reino Unido (54%).

CUADRO V-2

Es interesante notar el caso de Japón que, a pesar de la importancia de sus gastos en investigación y desarrollo (1.4% del producto nacional bruto en 1963) ésta se financiaba solamente en 28% por el Estado. Así también Alemania Federal que dedicaba el 1.4% de su producto nacional bruto a la investigación y desarrollo, en el mismo año presentaba un financiamiento estatal relativamente menos importante que los demás países capitalistas desarrollados (el 41%). Esto quizás se explique por la pequeña importancia en inversión espacial y militar que Japón y Alemania cuyas fuerzas armadas fueron restringidas en razón de su derrota militar en la Segunda Guerra Mundial. Para efectos de determinar la importancia de los gastos militares y espaciales en el total del financiamiento estatal, anotamos que en estos mismos años, los Estados Unidos gastaron el 58% de sus recursos estatales de investigación y desarrollo en los campos nuclear, espacial y de defensa, la Inglaterra el 37%, Francia, el 44%, Canadá el 27%, Noruega el 54%, mientras Alemania solo el 19%.

Pero es necesario preguntar quienes ejecutan las investigaciones y desarrollo financiadas tan ampliamente por el Estado. En el mismo cuadro encontramos la respuesta a tal pregunta. Constatamos que los recursos de Estado se destinan no a su propia actividad de investigación y desarrollo sino a financiar estas tareas en empresas privadas (más específicamente en las grandes empresas que, como se vió, realizan el grueso de las actividades de I y D). (6)

Es así como la importancia relativa del gobierno y de las empresas se invierten cuando analizamos los gastos totales de I y D según quienes la ejecutan. Las empresas ejecutaban en 1963 y 1964, el 67% de estos gastos en Estados Unidos, el 51% en Francia, el 66% en Alemania, el 65% en Japón, el 67% en Gran Bretaña, el 41% en Canadá, etc. Solamente en los países capitalistas de menor desarrollo como Grecia, Portugal y España el Estado asume directamente las tareas de investigación y desarrollo que las empresas no pueden realizar directamente por su debilidad y dependencia.

Estamos en este caso frente a una manifestación muy importante del capitalismo monopolista del Estado. Como en otros aspectos de la vida económico, en el campo científico y tecnológico que representa el núcleo del proceso de acumulación capitalista actual el gasto estatal, es decir, la centralización de los recursos nacionales, se convierte en un elemento esencial, en una parte constitutiva de esta acumulación. La intervención del Estado se hace necesaria porque el grado de concentración de las inversiones y de centralización de los recursos financieros necesarios para realizarlas rebasa el nivel de concentración y centralización que puede realizar el capital corporativo y aún los grupos económicos y las asociaciones más amplias del capital privado.

Asimismo se hace necesario establecer políticas generales de I y D que sobrepasan los límites de acción y planteamiento que puede realizar el sector privado. El Estado actúa así como un "capitalista global". Es decir, actúa como la síntesis de los intereses capitalistas nacionales e internacionales.

Podremos verificar de manera más detallada la tesis expuesta si analizamos los datos que sobre el tema entregan los servicios estadísticos del gobierno norteamericano, particularmente la Fundación Nacional de la Ciencia. Dado el incuestionable liderazgo internacional de Estados Unidos en el campo científico y tecnológico, se hace necesario estudiar cuidadosamente los datos señalados para alcanzar una visión más profunda de la función que cumplen el Estado, el capital corporativo y las universidades en el proceso global de la investigación y el desarrollo según los datos señalados (7), en las fuentes de financiamiento de la Investigación y Desarrollo en su conjunto, el Estado ocupaba en 1975 el primer lugar empleando 18,160 millones de dólares, lo que representa el 52.9% de los recursos empleados (8). En seguida, las empresas financiaban 14,935 millones de dólares de la Investigación y Desarrollo de este año, correspondiendo el 43.5% del financiamiento total. En seguida, acusando un porcentaje muy inferior, la Universidad financiaba el 2.1% y las otras instituciones no lucrativas el 1.5%. Pero, ¿cómo se aplica ese dinero?

El gobierno federal consume directamente a través de sus propias investigaciones 5,200 millones de dólares. Esto representa el 15.1% de los recursos totales en investigación y desarrollo y el 28.6% de los gastos totales del Estado. La empresa privada gasta 14,710 millones de dólares de sus propios bolsillos y 9,150 millones de dólares de ayuda del gobierno federal. En el conjunto, los laboratorios de las corporaciones realizan el 69.5% de las investigaciones y desarrollo habiendo financiado solamente el 43.5% de las investigaciones y desarrollo habiendo financiado solamente el 43.5% de las mismas (9). Las corporaciones privadas, reciben así un subsidio estatal superior a los gastos que realizan los sectores estatales dedicados directamente a la investigación y muy superior al que reciben las universidades.

Las universidades reciben sus fondos de investigación sobre todo del Estado Federal, los que totalizaban 2,050 millones de dólares en 1975, en seguida ellas reciben más de 730 millones de dólares de fondos estatales y de gobiernos locales y en parte propios. Las otras instituciones asociadas a las universidades que consumen 910 millones de dólares de los fondos federales, reciben cerca del 16% de los gastos estatales y realizan el 11.7% de la investigación y desarrollo global.

Por fin, las otras instituciones no lucrativas realizan el 3.7% de la investigación y desarrollo y reciben 850 millones de dólares del Estado.

Es interesante notar como las empresas privadas financian con 100 millones de dólares las investigaciones universitarias y con 125 millones las de instituciones no lucrativas. Es importante señalar el carácter reproductivo de esta aparente generosidad. Cuando una empresa hace un contrato para financiar una investigación en una Universidad o institución no lucrativa, ella exige una contraparte financiera (instalaciones, sueldos, etc.) de esas instituciones que en general tiene un valor muy superior al de la donación extendida por ella. Por otro lado ella se asegura la propiedad o usufructo de los resultados obtenidos en la investigación. De esta manera, al contrario de lo que aparentemente sugiere, el financiamiento de las empresas particulares a la investigación realizadas por los organismos de interés público no son una fuente de reversión de fondos privados hacia el sector público, sino la entrega de más recursos públicos al sector privado. (10)

Pero, ¿en qué consiste esta inversión tan masiva del Estado en investigación y desarrollo? En lo que se refiere al financiamiento a los laboratorios privados, este se dirige fundamentalmente al sector militar, espacial y nuclear, como vimos en el capítulo anterior. La investigación directamente estatal se orienta hacia los problemas de salud y bienestar social. Los datos globales de Estados Unidos revelan que el gasto en investigación y desarrollo sobre defensa y espacio representaron en 1953 el 49% del total, subiendo hasta el 56.6% en 1959, y presentando una caída progresiva hasta 1975 (estimativa) cuando baja para el 36.0% en consecuencia de la crisis fiscal del Estado norteamericano. Dentro de este conjunto, la investigación en defensa representaba el 48.2% en 1953 y la espacial solamente el 0.8%. Esta última creció aceleradamente en la década del 60 llegando a representar el 20.7% del total de gastos en investigación y desarrollo en 1965. A partir de este año empieza a bajar progresivamente hasta alcanzar en 1975 (estimativa) el 8.3%.

Por otro lado la I y D no ligada a defensa y espacio representaba el 51% de los gastos totales de investigación y desarrollo en Estados Unidos, los cuales bajaron hasta el 43% en 1959 y volvieron a subir progresivamente hasta el 64% en 1975 (estimativa). Es interesante señalar la diferencia entre el sector federal y no federal en tales gastos. Mientras el sector no federal (privados, estatales y municipales, universidades, instituciones no lucrativas) bajaron su importancia en el total de los gastos totales de la I y D entre 1953 y 1964 del 46.2% al 33.6% para recuperarse enseguida y volver a los porcentajes de los años 50, llegando a representar el 46.9% en 1975 (estimativa), el gasto federal en investigaciones no ligadas a la defensa y al espacio, subió progresivamente del 4.8% en 1953, al 10.9% en 1964 y al 17.1% en 1975 (estimativa). (11)

Pero estos recursos no son entregados al conjunto de la economía. Si miramos los datos por sectores industriales vamos a encontrar una perfecta correlación entre la investigación financiada por el Estado y los sectores económicos de mayor concentración y monopolio. El Estado es el mayor financiador de la investigación y desarrollo en general y el segundo más grande financiador del sector privado (luego después del financiamiento

realizado por las mismas empresas) El es al mismo tiempo el financiador masivo y altamente concentrado. Su financiamiento determina por lo tanto, las direcciones y tendencias de la I y D y las orienta hacia los sectores de mayor concentración y monopolio, reforzando tales tendencias. Las ramas industriales que presentan la más alta concentración económica y que se sitúan cualitativamente muy arriba del resto de la industria en este aspecto son 6, según estudios de John M. Blair & los que nos referiremos más detenidamente en los próximos capítulos. (12). Ellas son pertrechos de guerra, aviación, motores para aviación, equipamientos para aviación, radio, TV y equipamientos de comunicación, vehículos a motor y partes.

Veamos enseguida las ramas industriales que presentan una mayor participación de los gastos de I y D como porcentaje del total de las ventas en 1961. Ellas son aviación y misiles con 24.2%, equipamiento eléctrico (10.4%), productos químicos (4.6%), maquinaria (4.4%) vehículos a motor y otro equipamientos de transporte (2.9%). (13) A pesar de las diferencias de clasificación en relación a los sectores citados por Blair, se puede identificar claramente los sectores principales por concentración económica con los que presentan los más altos gastos de investigación en proporción a las ventas.

Veamos ahora los datos sobre los principales sectores industriales cuyas investigaciones y desarrollo son financiadas por el gobierno federal, en 1964.

En primer lugar se encuentra el sector de aviación y misiles que de un total de 5,097 millones de dólares de gastos en I y D, recibe 4,607 millones de fondos federales. Se trata pues del sector más concentrado y monopolizado cuyas investigaciones y desarrollo son financiadas casi íntegramente por el Estado y se destinan muy ampliamente a fines militares. En seguida tenemos el sector de equipo eléctrico y comunicación que consume 2,635 millones de dólares en gastos con investigación y desarrollo, de los cuales 1,628 son financiados por el Estado. Inmediatamente después está la industria química que a pesar de no presentar los más altos índices de concentración industrial por la diversidad de productos que fabrica, presenta altos grados de monopolización al nivel de cada producto. Asimismo, en los últimos años el sector químico se va vinculando más intensamente a la investigación militar por la importancia creciente de la guerra química. En este sector se gastaron en 1964, 1,284 millones de dólares, 230 millones de los cuales fueron financiados por el Estado. Vehículos a motor y otros equipamientos de transporte en cuarto lugar con 1,189 millones de gastos totales y 324 millones financiados por el gobierno federal. En quinto lugar encontramos la industria de maquinarias con 1,028 millones y 258 millones respectivamente (14).

Se podría imaginar que los abundantes gastos estatales para financiar la industria privada en estos sectores se debe al carácter radicalmente innovador de sus investigaciones. Los datos revelan, sin embargo, que el

grueso de la investigación y desarrollo de estos sectores privilegiados se destinan al desarrollo y a la investigación aplicada. El caso extremo es el de la privilegiada industria aeronaval y de misiles. En ella se gasta el 1% de sus fondos de investigación básica, el 16% en investigación aplicada y el 83% en desarrollo. Los equipamientos eléctricos nos presentan porcentajes similares: 5%, 14%, 81% respectivamente. Maquinaria presenta el 2%, el 14% y el 84%. En la industria química la investigación básica representaba el 13% y en vehículos a motor el 3%. (15)

A pesar de que los fondos para investigación y desarrollo utilizados por un sector corresponden muchas veces a investigaciones y desarrollo que afectan a otros sectores, los datos son suficientemente contundentes para confirmar el planteamiento general de que la ayuda estatal para la investigación y desarrollo se vincula claramente a las ramas industriales de mayor concentración y monopolio. Ella puede ser entendida como un factor que favorece esta concentración y monopolización sumándose a las compras del Estado y a otros subsidios públicos que operan en la misma dirección.

En resumen podemos concluir de este ítem que: 1) a pesar de que el grueso de la investigación y desarrollo se hace en los laboratorios de las grandes empresas, la parte más sustancial de su financiamiento viene del Estado; 2) las industrias de mayor índice de concentración y monopolio son las que concentran también los gastos en investigación y desarrollo; 3) afuera la Universidad, el grueso de los gastos privados y estatales se destina al desarrollo final de productos y 4) el grueso de este desarrollo está ligado directamente al campo militar y espacial o a sectores afines.

4. PROBLEMAS DE PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

El grueso de la literatura sobre el aumento de las actividades de investigación y desarrollo ha insistido sobre todo en el papel creciente de los centros de investigación y tecnología en las empresas. Si bien este papel se hizo dominante en las décadas de 1940 a 1960, la concentración de esas actividades ha exigido una intervención creciente del Estado. Esta intervención no asume solamente la forma del financiamiento directo de la I y D en las empresas, como vimos en el apartado anterior. El Estado ha tenido que intervenir de manera creciente con la propia orientación general de la I y D a través de órganos de planteamiento de la investigación científica y tecnológica que vienen sometiendo cada vez más esta actividad al control y a la regulación del Estado buscando disminuir la anarquía que naturalmente domina el sector en la medida en que se regula por las leyes de la competencia aún en su forma monopólica u oligopólica.

Son tres los factores que obligan a esta intervención creciente:

- 1) La necesidad de racionalizar al I y D para enfrentar grandes problemas planetarios como la necesidad de nuevas fuentes de energía, el dominio del espacio extraterrestre, los nuevos medios de comunicación internacional, la destrucción del medio ambiente, el conocimiento y la ubicación de las fuentes de materias primas, etc. La investigación de tales problemas rebasa la capacidad económica de las empresas individuales o asociadas. Solo el Estado puede proveer los enormes recursos financieros que suponen estos estudios.
- 2) La necesidad de responder al creciente desafío científico y tecnológico del campo socialista, particularmente la necesidad de mantener un liderazgo en el plano militar para asegurar la sobrevivencia del sistema capitalista. El Estado asume en consecuencia la iniciativa y el liderazgo de las investigaciones en este plano y tiene que orientar sus direcciones fundamentales.
- 3) La necesidad de vincular cada vez más la investigación básica a la aplicada y al desarrollo. Los costos de la investigación básica se hacen cada vez más altos sea por el número de científicos y personal auxiliar que concentra, sea por los crecientes costos del material que utiliza (instrumentos de investigación, laboratorios, prototipos, etc.). Por otro lado, el desarrollo de nuevas ramas del conocimiento y la necesidad de superar los estrechos límites de las disciplinas científicas tradicionales obliga a planificar masivamente el desarrollo de la ciencia pura.
- 4) La necesidad de un masivo proceso educacional sea para formar cuadros científicos y auxiliares de investigación, sea para formar los cuadros técnicos capaces de poner en movimiento los nuevos procesos de producción y de manejar los nuevos productos.
- 5) La necesidad de crear infraestructuras adecuadas de servicios auxiliares de la investigación como las bibliotecas, bancos de datos centros de documentación, museos, etc.

En consecuencia de estas tendencias impulsadas masivamente por la revolución científico-técnica cuyas exigencias no pueden ser detenidas por los Estados nacionales y las empresas nacionales e internacionales debido a los efectos del monopolio y control de la tecnología sobre el monopolio y control de la producción y del mercado así como de la economía internacional, el Estado se convierte necesariamente en el ordenador, programador y planificador del proceso total de la investigación científica y tecnológica.

Estudios recientes de la UNESCO y de la OCDE sobre política científica de varios países nos permiten captar las tendencias a la planificación científica en el capitalismo contemporáneo (16).

En los países socialistas se ha organizado un sistema de investigación y desarrollo que se apoya fundamentalmente en los organismos de planificación que coordinan y definen el conjunto de la I y D; las

Academias de Ciencias como órganos que asesoran al Estado y al partido en materia de investigación pura y aplicada, coordinadas con las Universidades; en los ministerios que poseen centros de investigación aplicada independientes o a nivel de las empresas encargadas del desarrollo de los productos o a nivel de las empresas encargadas del desarrollo de los productos y procesos y su aplicación al sistema productivo según la planificación global. Este sistema que se complementa con organismos de información científica de infraestructura para la Ciencia y la Tecnología y hoy día hay un gran número de estudios sobre la revolución científica técnica cuyo objetivo es el de acelerar el ritmo de la investigación científica, asegurar la interrelación entre las varias disciplinas y disminuir la racionalizar los costos de la investigación y mejorar la gestión de la I y D. (17). Tal sistema de I y D se apoya pues en el plano, en la organización de la comunidad científica, en un vínculo orgánico con el aparato estatal burocrático y productivo, en una preocupación de racionalizar al máximo las metas de la investigación y los recursos materiales y humanos que utiliza.

En los países capitalistas no se encuentra un sistema tan ordenado y articulado de I y D. En algunos países el Estado ha mostrado una disposición mas antigua a intervenir en la programación científica, como en Japón, país en el cual el capitalismo de Estado asumió tempranamente un papel gestor de la economía. En otros países como los Estados Unidos, la fuerza de las empresas privadas actuó siempre como un factor anárquico y desorganizador de la intervención estatal haciéndola actuar empíricamente de acuerdo con las presiones que se ejercía sobre el Estado y a las necesidades inmediatas que se fueron presentando históricamente.

En consecuencia en Japón se puede ver una estructura administrativa de la ciencia y la tecnología bastante ordenada buscando servir en el máximo posible a la empresa privada pero buscando al mismo tiempo centralizar las iniciativas anárquicas y ordenar las prioridades de la investigación en su conjunto. Es así que hay un Consejo Científico y varios consejos especiales ligados al Primer Ministro y se presentan enseguida varias agencias dedicadas a campos aplicados y contando incluso con algunos centros de investigación del Estado. En seguida hay varios órganos ligados a la investigación y la coordinación científica dependientes de varios ministerios, cabiendo al Ministerio de Educación dirigir la organización universitaria y las sociedades de científicos e ingenieros por la vía de un órgano centralizador. En otros países con fuerte tradición de intervención estatal como Alemania y Francia se encuentran estructuras similares donde el Estado tiene organismos consultores, promotores de la investigación científica, centralizadores de la actividad universitaria y que establecen vínculos entre el aparato estatal sobre todo los ministerios y la investigación en las empresas.

En Estados Unidos sin embargo las cosas se presentan de forma más anárquica y son fuertes las corrientes liberales pequeño burguesas que buscan impedir la intervención estatal en el proceso de programación de la

I y D. Sin embargo, si hacemos un breve resumen de las tendencias de la intervención estatal sobre la investigación científica en este país podemos ver como él no puede escaparse de las inevitables fuerzas socioeconómicas que obligan a la intervención estatal no sólo a aplicarse como a hacerse más sistemática y ordenadores de la I y D. (18).

Los forjadores de la Constitución de los Estados Unidos deliberaron considerablemente sobre los asuntos científicos en cuanto al establecimiento de universidades y seminarios, instituciones públicas, subsidios para agricultura, comercio, manufactura y el avance de conocimientos y descubrimientos. Sin embargo, se llegó a la conclusión de que estas propuestas no caían dentro de los poderes y las funciones de un gobierno federal. Fundamentalmente la Constitución dejó abiertos los asuntos de educación y desarrollo científico a ser llevados a cabo en forma independiente y fuera del control del gobierno central. Este enfoque, ha moldeado la política científica de los Estados Unidos hasta el día de hoy.

Es importante, sin embargo, tomar conciencia de que el gobierno federal se ha inmiscuido siempre en la ciencia en los asuntos militares y de defensa. Esto tiene su base en las expediciones, efectuadas básicamente durante la administración de Thomas Jefferson, quien era un científico. El sí le daba gran importancia a la ciencia y le asignó al gobierno la responsabilidad de las expediciones, bajo la forma de asuntos militares. Aquí se busca explicar el por qué la ciencia y los aspectos militares están tan ligados en Estados Unidos, por un lado, y por otro, el por qué los asuntos científicos están ubicados directamente bajo el poder Ejecutivo. Esta práctica, comenzada por Thomas Jefferson, y ayudado por las experiencias de la Guerra de la Independencia, indujeron al gobierno federal a crear una institución con fines militares y de ingeniería. Así se fundó West Point en 1802. Para 1830 las administraciones públicas a todos los niveles estaban sintiendo las necesidades de aplicar conocimientos científicos para propósitos prácticos. Los gobiernos locales y estatales tomaron la iniciativa para inventariar recursos naturales, por ejemplo. En los cuarenta se abrieron como 100 institutos académicos con énfasis en ingeniería y ciencias.

Sin embargo, la falta de ingerencia directa del gobierno federal, en cuanto a una organización estructurada de la ciencia aún se siente hoy. Por ejemplo, se estima que el 20-25% del crecimiento económico experimentado por los Estados Unidos de 1950-1962 se debe a nuevos conocimientos en ciencia y tecnología. El gobierno federal, ha contribuido a esto únicamente a través de incentivos que han tomado la forma de patentes, deducción de impuestos y donaciones a instituciones no lucrativas.

La instrumentalización y la mecánica de la Política Científica Federal y su ejecución son una parte integrada a un sistema general en lo político, económico y social. Como es de esperarse el estilo pragmático de los

norteamericanos también ha marcado la política científica y su forma de solucionar los problemas a nivel organizativo. Aún cuando hay organizaciones formales, lo que se da en la práctica son fundamentalmente relaciones informales, comisiones ad-hoc etc.

Como mencionamos anteriormente, la Oficina de Ciencia y Tecnología está dentro del poder ejecutivo. Esto es lo que podríamos llamar su estructura formal. Su estructura informal, sin embargo, se ubica en el poder legislativo, a través de Comités y Comisiones Permanentes y de otro tipo. Por ejemplo, en el 89 Congreso habían 13 Comités del Senado, 14 Comités del congreso y 3 Comités conjuntos directamente involucrados en actividades relacionadas con la ciencia y la tecnología.

Ultimamente se ha tomado conciencia de la importancia de la Ciencia y la Tecnología y estos comités han aumentado su esfera de acción para incluir seminarios y audiencias cuyos informes han sido utilizados para la organización, financiamiento y comportamiento de las actividades de investigación. Esto a su vez ha dado lugar a una revisión completa de la National Science foundation (NSF) para determinar su papel adecuado en el futuro. Por otro, ha hecho ver y evaluar el impacto de la Política Federal de investigación y desarrollo en cuanto a los recursos humanos y en cuanto a su papel en la investigación pura en relación a las metas nacionales.

Por otro lado, el Comité de Políticas Públicas de Ciencia en la Academia de la Ciencia, preparó un estudio sobre ciencias aplicadas y progreso técnico, ligando "formalmente" por primera vez la tecnología con este órgano. También estos comités elaboraron un informe sobre la Participación de Agencias Federales en el Progreso Técnico-Científico Internacional.

En cuanto al Ejecutivo, propiamente dicho, la oficina de Ciencia y Tecnología (OST) desarrolló políticas para que la Ciencia y Tecnología sean utilizadas efectivamente. Esta está constituida por la Junta de Asesores del Presidente, por el Consejo Federal de Ciencia y Tecnología, por la Oficina de Presupuesto, por el Consejo de Asesores Económicos, por el Consejo de Seguridad Nacional, Consejo de Recursos Humanos de la Marina y desarrollo de la Ingeniería. Las funciones de la OST son las de asesorar al presidente en el desarrollo de las políticas para que las Ciencias y Tecnologías puedan ser utilizadas efectivamente en el interior de la seguridad nacional y bienestar general. Consta de 19 personas.

BOB: determina prioridades y asigna presupuesto (Bureau of the Budget)

CEA: Commission of Economic Advisors- tiene más bien una influencia indirecta en cuanto a las políticas fiscales

PSAC: Se compone de 18 científicos elegidos por el Presidente por un período de cuatro años, cuyas funciones incluyen el asesoramiento directo de asuntos nucleares, de defensa, polución, recursos energéticos, utilización de agua.

FCST; Federal Commission on Science and Technology: un organismo cuya función es de coordinar entre las agencias federales en cuanto a problemas comunes entre planificación, en ciencia y tecnología lo mismo que asistir al presidente en programas federales que afectan a más de una agencia.

Por último está el Consejo Nacional de Aeronáutica y Espacial que asiste en política, planificación y programación para lograr el desarrollo de un programa espacial coherente.

El desarrollo organizacional más reciente toma la forma de un informe, en 1969, recomendando que se establezca una agencia centralizada para los asuntos científicos, para superar la crisis científica. Este informe del Subcomité de Daddario hace un llamado para que se haga una reconstitución de la National Science Foundation y del Instituto Nacional de Investigación y Estudios Avanzados (NIRAS), una agencia independiente del gobierno. Esto consolidaría las responsabilidades federales hacia la investigación pura y hacia la educación superior.

Según este informe, las razones detrás del empuje del subcomité para la centralización de las responsabilidades federales se centran alrededor de los siguientes puntos de vista del enfoque actual del gobierno federal en cuanto a las ciencias:

1. Un programa balanceado es difícil de lograr cuando existen tantas agencias no coordinadas financiando la investigación pura.
2. La falta de equilibrio entre los diferentes campos en la ciencia y tecnología no corresponde a las prioridades nacionales y tiende a alejar a la ciencia de problemas sociales urgentes.
3. Una política descentralizada, no permite la comprensión del público, incrementa la laguna entre las ciencias y humanidades, es innecesariamente costoso y resulta una pobre coordinación entre la investigación y la educación.
4. Las fluctuaciones en cuanto al financiamiento de la ciencia no son predecibles.

5. La organización tan difusa inhibe la posibilidad de una planificación a largo plazo y consecuentemente no permite una estabilidad, eficiencia y continuidad en el proceso de entrenamiento e investigación.
6. La falta de centralización hace surgir una serie de agencias con propósitos muy limitados lo cual es un despilfarro además de ineficiente.

En resumen, el debate sobre la política científica en los Estados Unidos gira alrededor del papel creciente que debe de asumir el gobierno federal en cuanto a sus responsabilidades sobre la investigación científica pero está lejos aún de proporcionar un marco orgánico y planificado para orientarla y planificarla según criterios más amplios que el de los negocios con su inmediatismo anárquico y su evidente despilfarro de recursos. Es de esperarse que este debate continúe y que se vaya demostrando las limitaciones del capital corporativo y empresarial de continuar orientando masivamente el desarrollo científico de este país por las razones que hemos apuntado. El capitalismo de Estado se tiene que articular de una manera más orgánica con el capital privado, no sólo como un subsidiador masivo como ahora ya lo es, sino también como el organizador y orientador general de la I y D.

Es necesario señalar que el movimiento internacional de capitales está ligado a complejos procesos de transferencia de tecnología y procesos de conocimiento en escala internacional que no pueden escaparse de una regulación y hasta planificación para la cual la UNESCO, la OCDE y la comunidad Económica Europea han llamado constantemente la atención. Dentro del CAME tales procesos han alcanzado un grado muy elevado mostrando las potencialidades de la planeación internacional de la producción científica bajo el socialismo.

NOTAS AL CAPÍTULO V.

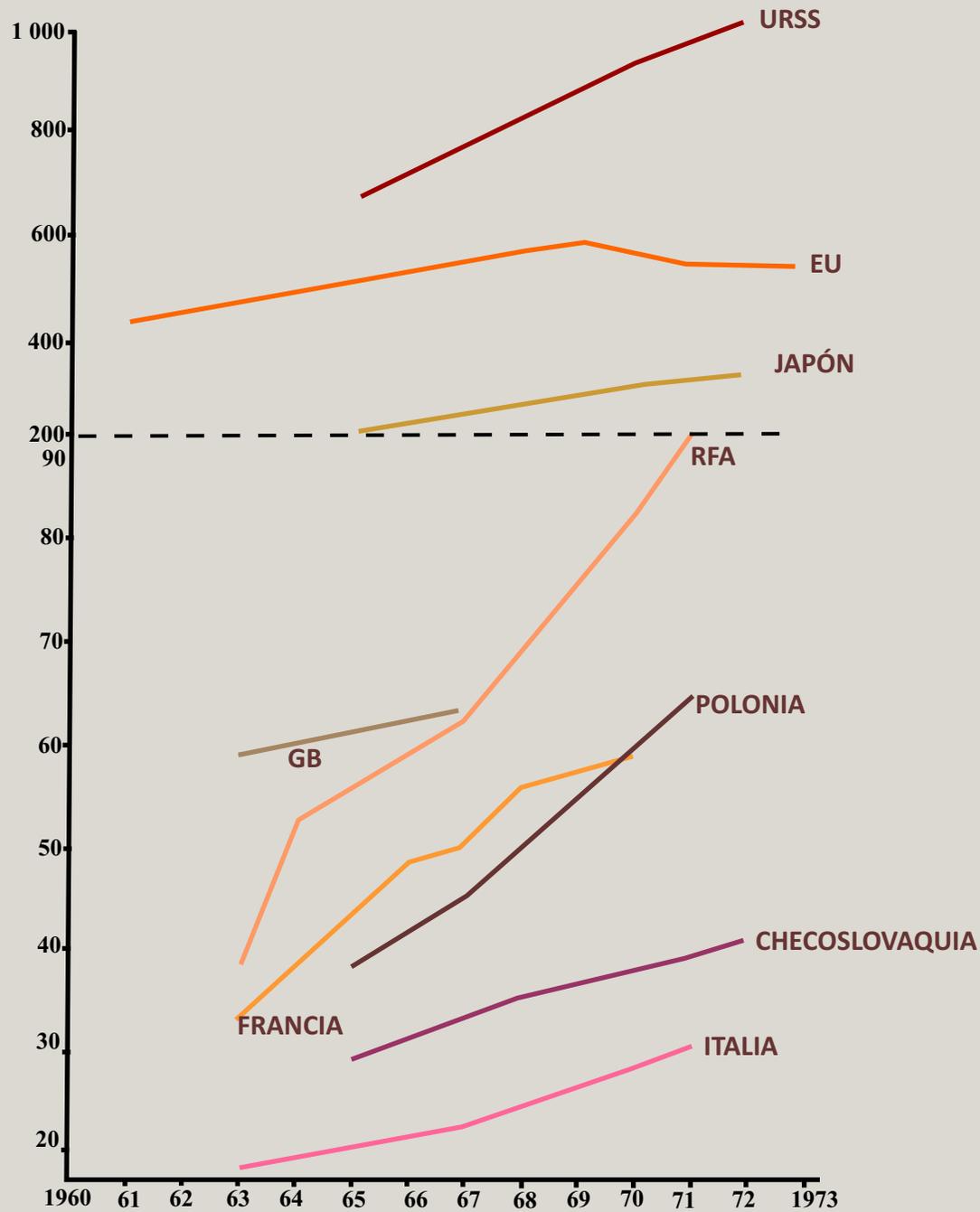
(1) Las investigaciones sobre los elementos de éxito de las estrategias de investigación y desarrollo revelan una alta correlación entre el resultado favorable de las I y D y el contacto de los centros de investigación y de la dirección de las firmas con la comunidad científica y tecnológica en el campo especializado. Según una investigación realizada por la Universidad de Sussex en las ramas química y de instrumentos: de las firmas entrevistadas que declararon este tipo de contactos 13 obtuvieron resultados favorables más que fracasos, 15 tuvieron resultados favorables iguales a fracasos y solamente 1 tuvo fracasos mayores que resultados favorables. Ver Cristopher Freeman, *The Economics of Industrial Innovation*, Penquin Books, Londres, 1974, Tabla 22, Part. 2.

- (2) La industria del acero presenta una relación entre los gastos de I y D efectuados por las empresas (sin incluir los gastos financiados por el Estado que casi no existen en esta rama) y las ventas totales del 0.6%. Comparativamente, la industria eléctrica y electrónica presenta un porcentaje de 3.0%, la aeroespacial el 3.2%, la de drogas el 4.7%, la de instrumentos el 5.4%. Ver: "Where Private Industry its Research Money", Business Week. Junio 28 de 1976, ps 62 y passin.
- (3) Datos de la National Science Foundation, 1972, reelaborados por Freeman op. cit. Tabla 24, p. 201.
- (4) Estos estudios son resumidos por Freeman, op. cit. Sobre todo pag. 204
- (5) Datos presentados por Science Policy Studies and Documents No. 10 UNESCO, París, anexo II
- (6) Los 10 mayores contratistas del Pentágono eran en 1975: Boeing, que recibía 783 millones de dólares del fisco en este año para I y D y añadía solamente 188 millones de dólares de su bolsillo en gastos de I y D; la Lockheed que recibía 482 millones y añadía 52.8 millones suyos; la Rockwell International, que recibía 402 millones y agregaba 31 millones suyos; (si consideramos el hecho de que las ventas de la Boeing correspondían a 3, 719 millones de dólares en este año, las de la Lockheed sumaban 3, 387 millones, las de la Rockwell 4, 943 millones podemos entender en cuanto dependen estas empresas del financiamiento estatal de su I y D y también podremos entender aún más su dependencia del Estado cuando constatamos que él es uno de sus mayores compradores. Ellas ejemplifican así lo que se llama típicamente de empresas contratistas cuya existencia depende esencialmente de la subvención y compra del Estado, de donde saca sus altísimas ganancias). Continuemos: en seguida estaba la General Electric qu recibía 315 millones de dólares para financiar su I y D y aportaba 357 millones; la Mc-Donnel Douglas recibía 284 millones y aportaba 42.3 millones; la Hughes Aircraft recibía 178 millones; la General Dynamics recibía 175 millones y aportaba 20.9 millones; y por fin de RCA recibía 132 millones de dólares y gastaba de su bolsillo 113.6 millones en I y D. Datos sacados del artículo citado de Business Week: "Where Private Industries puts its Research Money".
- (7) National Science Foundation, National Patterns of R & D Resources, op. cit., pag. 4, Tabla 1.
- (8) Conforme las informaciones que señalamos enseguida, el gasto público en I y D disminuyó su importancia relativa en los últimos años debido a la baja de los gastos en la investigación especial.
- (9) Entre las investigaciones y desarrollo financiadas por las empresas se encuentran algunos recursos entregados a las universidades y fundaciones privadas.

- (10) Un análisis de la ligazón de la investigación universitaria con el aparato militar estatal y eventualmente con el sector privado se encuentra en *The University and Military Research, Moral Politics at M. I. T.* por Dorothy Nalkin, Cornell University Press, Ithaca, 1972.
- (11) Estos datos fueron sacados de la National Science Foundation, op. cit., Tabla B-9, P. 28
- (12) John M. Blair, op. cit., p. 100
- (13) Datos sacados de Edwin Mansfield, *The Economics of Technological Change*, op. cit., p. 56
- (14) Edwin Mansfield, op. cit., p. 57
- (15) Datos sacados de Edwin Mansfield, op. cit., p. 58
- (16) Estas notas se apoyan fundamentalmente en un estudio comparativo de Checoslovaquia, URSS, Polonia, Japón, RFA, Suecia, Israel y Estados Unidos, según publicaciones de la UNESCO sobre las políticas científicas de estos países.
- (17) El libro de Víctor Afanasief (*Revolution Scientific et Technique, Gestion, Education*, Ed. Progreso, Moscú, 1976) dedica varios capítulos a la gestión del sistema ciencia-producción con especial énfasis en la gestión del propio progreso científico y técnico.
- (18) Este resumen se apoya en el documento de la UNESCO No. 9 sobre política científica y debemos a nuestra ayudante Mary Janne Mulligan su forma básica.

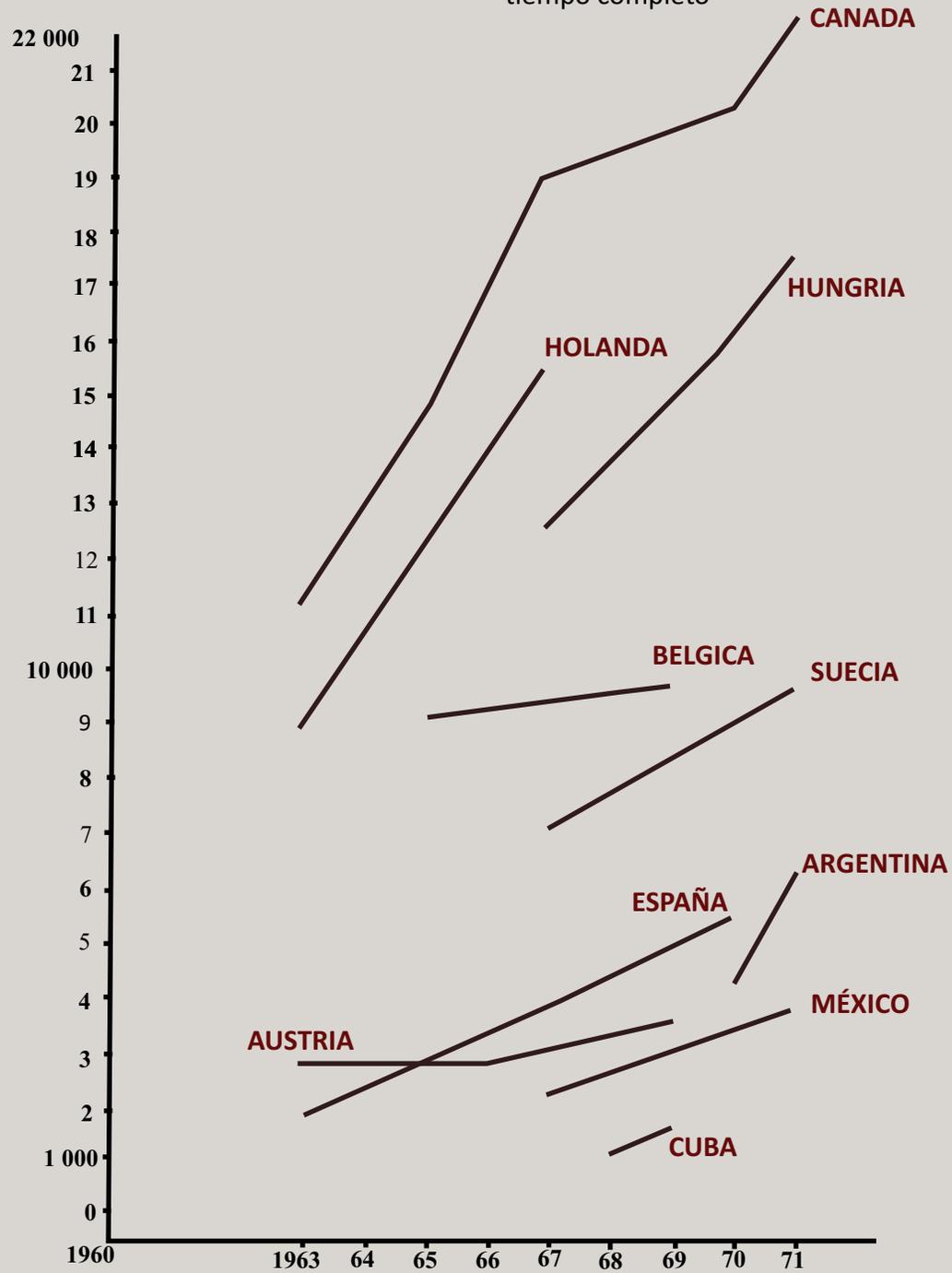
GRÁFICA IV-1

Miles de científicos e ingenieros que trabajan en I y D a tiempo completo



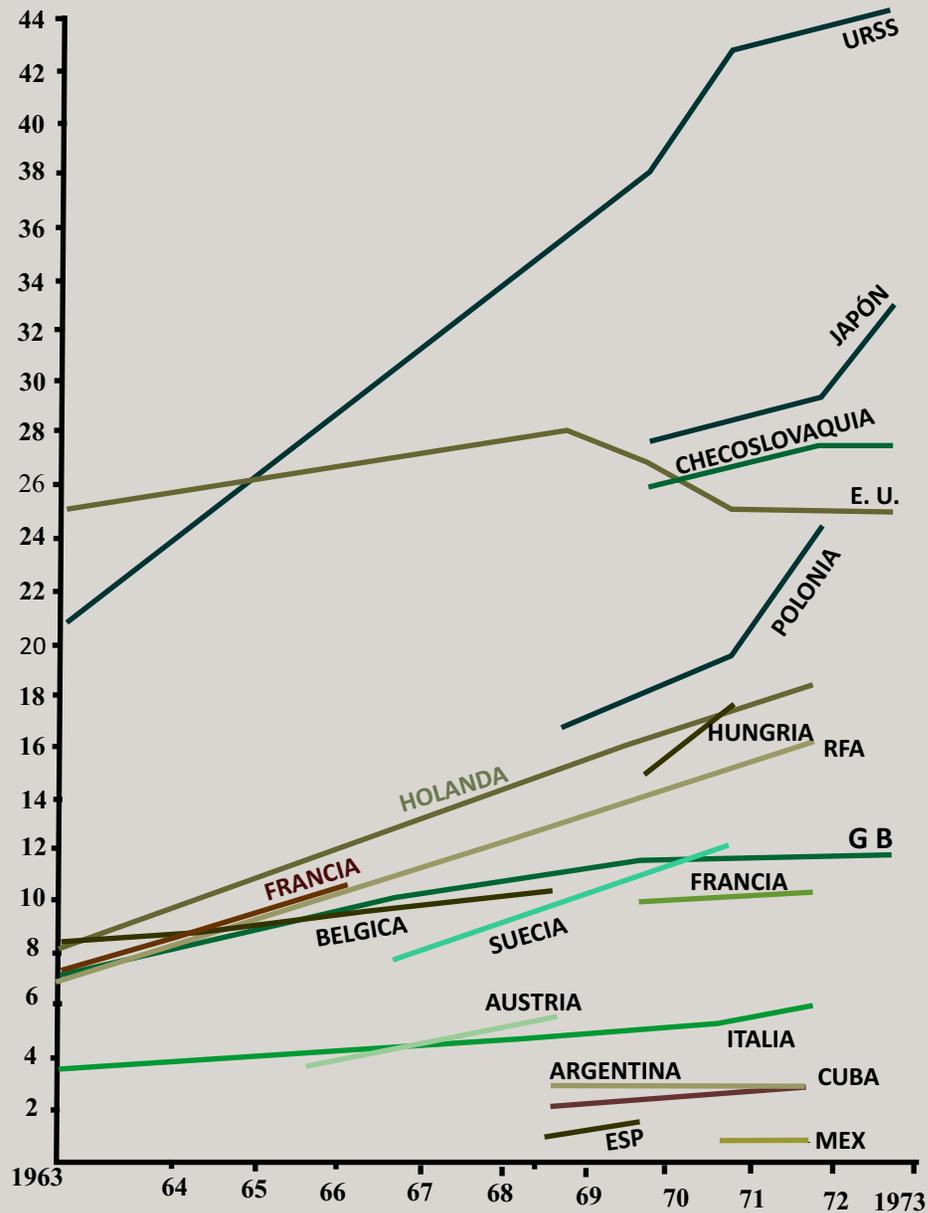
GRÁFICA IV-2

Número de científicos, técnicos, ingenieros que trabajan en I y D a tiempo completo



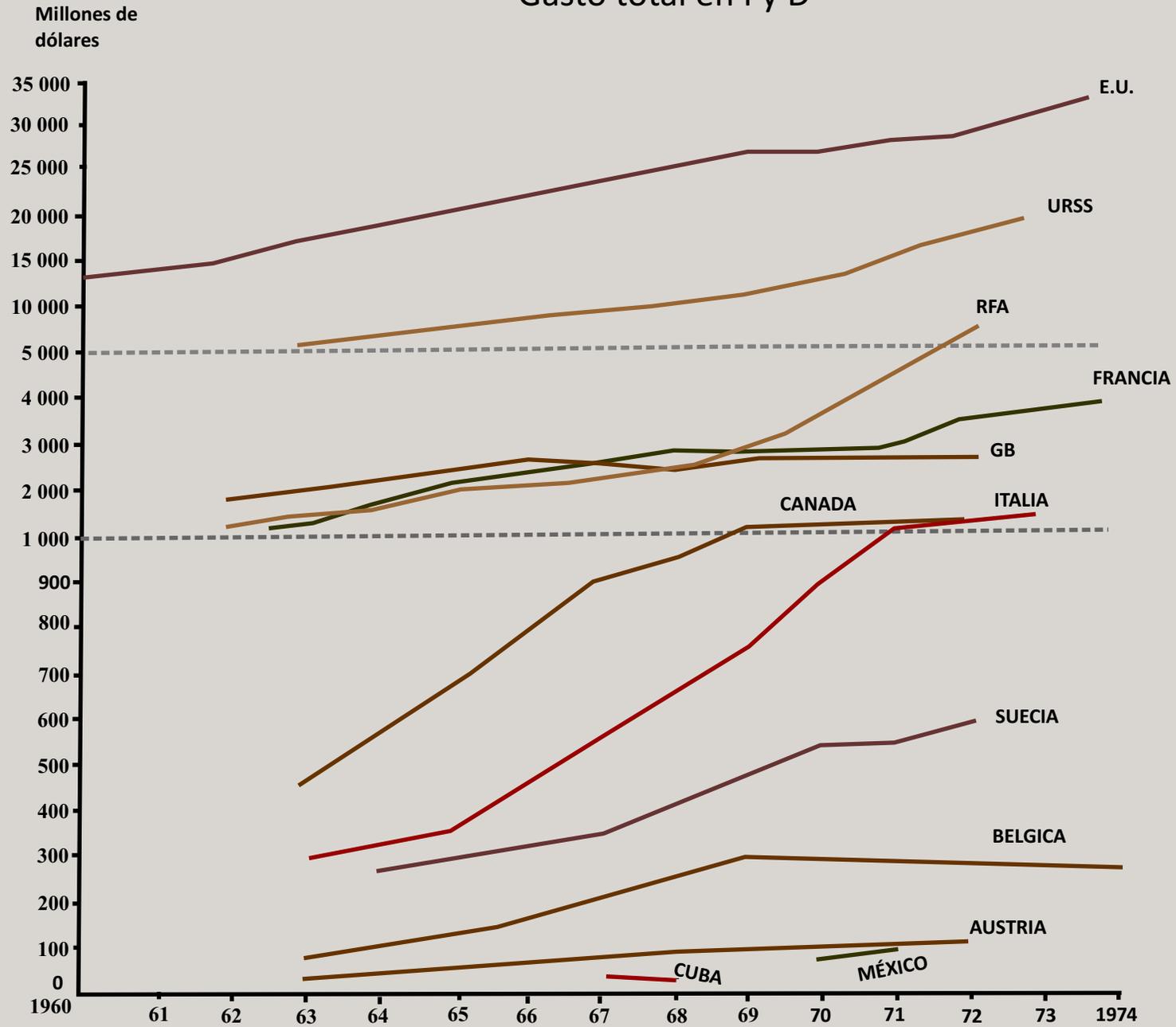
GRÁFICA IV-3

Número de científicos, técnicos, ingenieros que trabajan en I y D por cada 10,000 habitantes



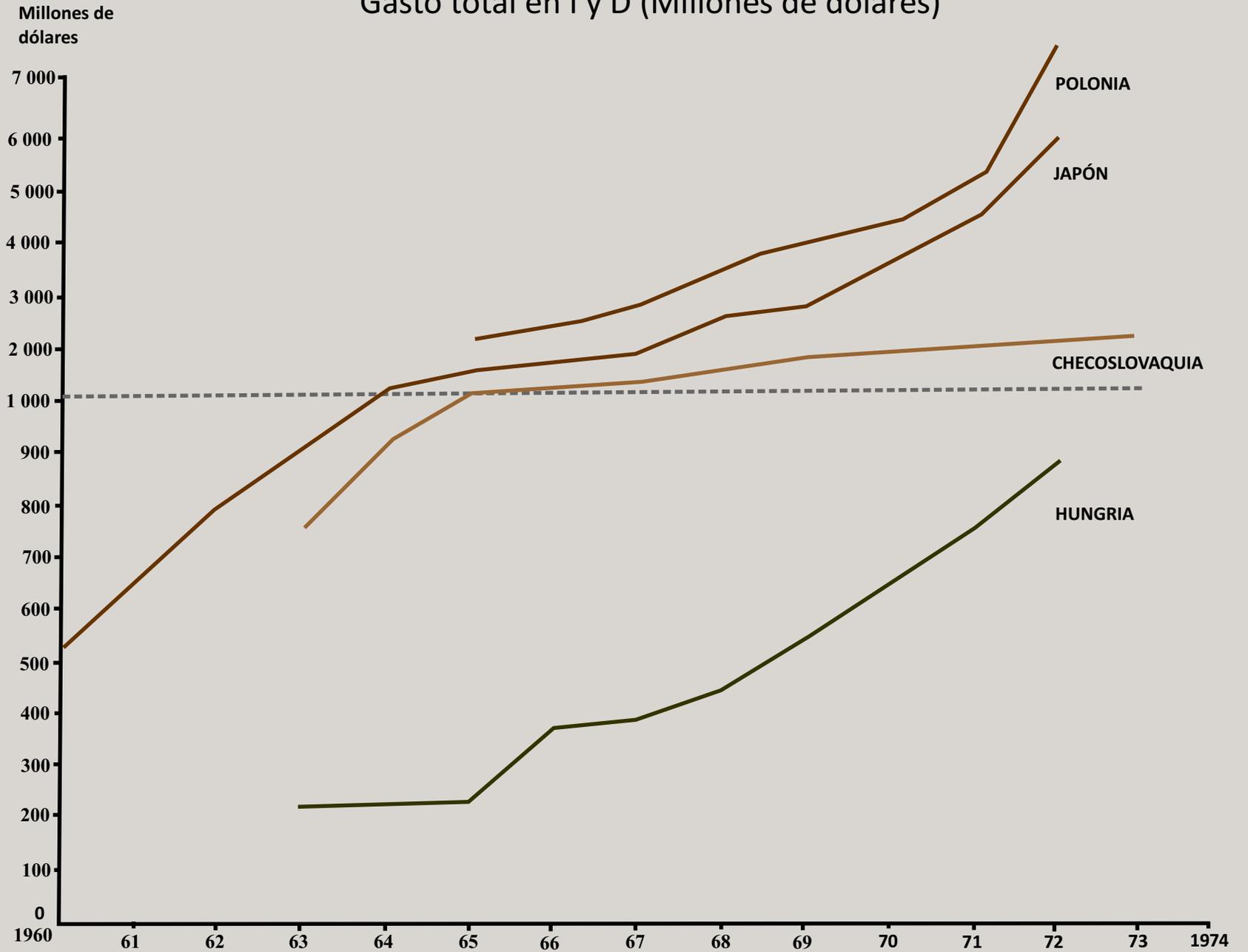
GRÁFICA IV-4

Gasto total en I y D



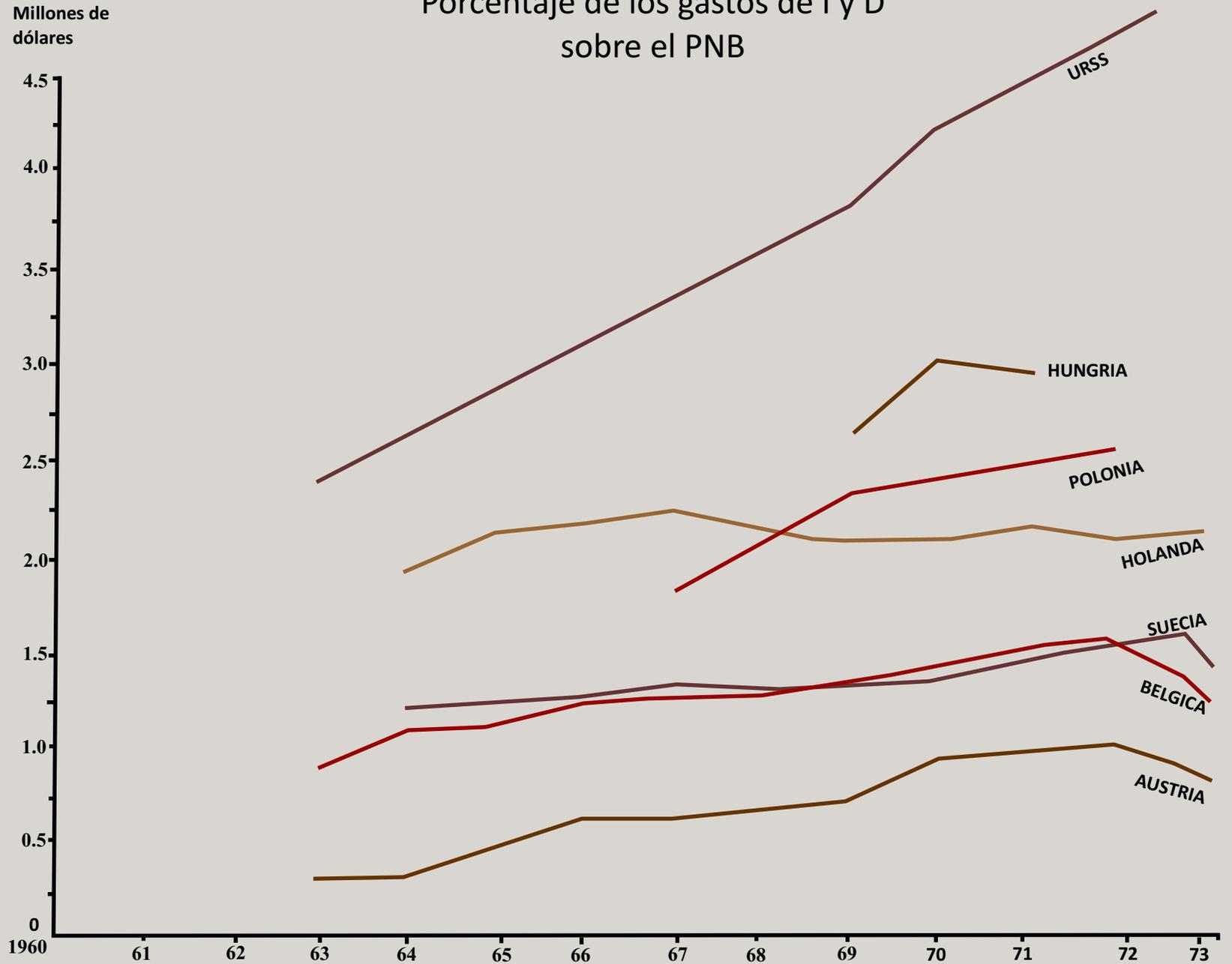
GRÁFICA IV-5

Gasto total en I y D (Millones de dólares)

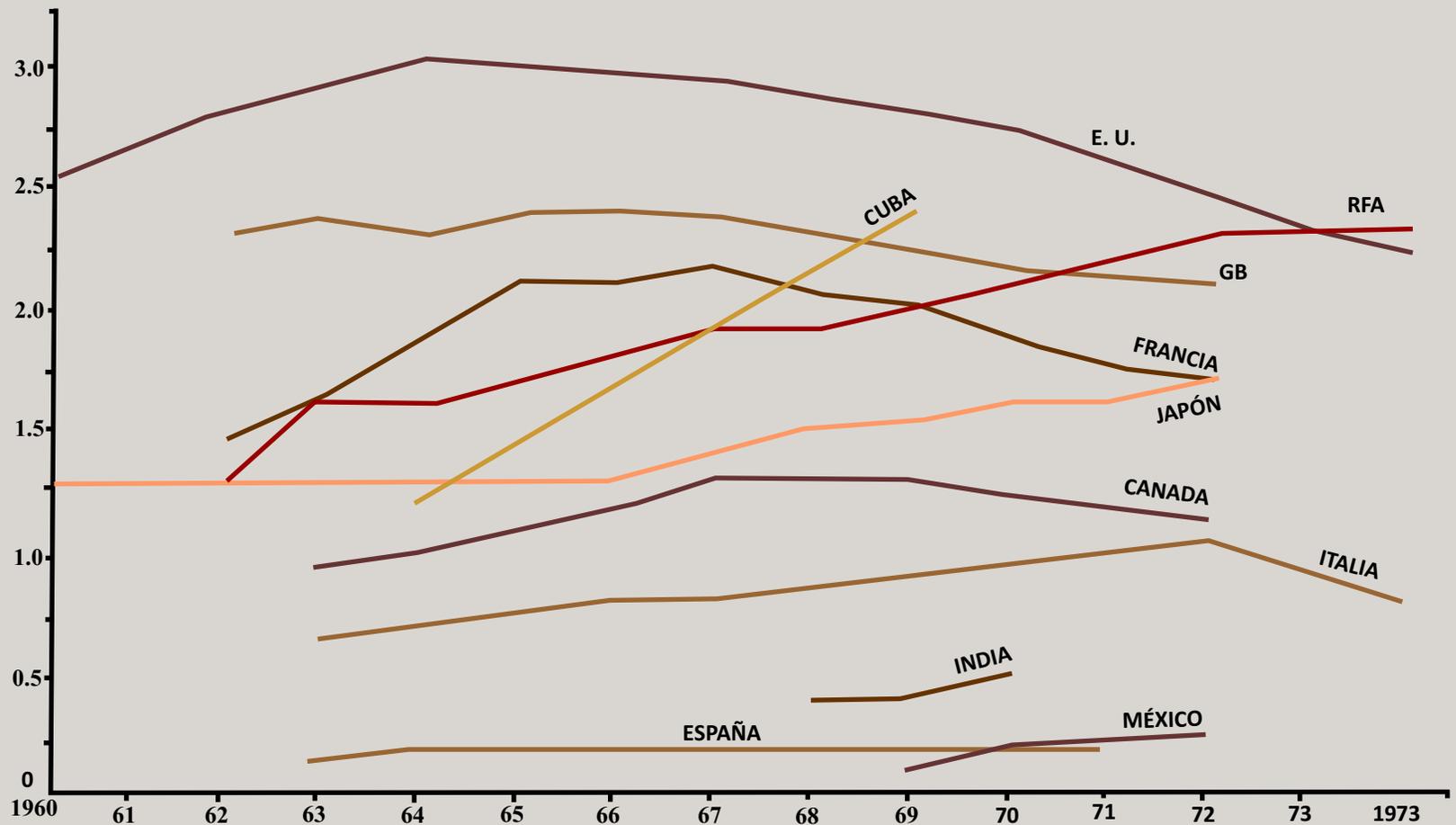


GRÁFICA IV-6

Porcentaje de los gastos de I y D sobre el PNB



GRÁFICA IV-7
Porcentaje de los gastos de I y D
sobre el PNB



CUADRO IV-1

Distribución porcentual de los gastos en I y D en EU, respecto a Investigación básica, aplicada y Desarrollo					
1953		1955		1960	
Total 6 129 Millones de Dlls		Total 6 182 Millones de Dlls.		Total 13 511 Millones de Dols	
Inv. Básica	8.30%	Inv. Básica	8.60%	Inv. Básica	8.80%
Inv. Aplicada	25.80%	Inv. Aplicada	24.40%	Inv. Aplicada	22.70%
Desarrollo	65.90%	Desarrollo	67.00%	Desarrollo	68.50%
1963		1970		1975	
Total 20 091 Millones de Dlls		Total 26 047 Millones de Dlls		Total 34 345 Millones de Dlls	
Inv. Básica	12.80%	Inv. Básica	13.60%	Inv. Básica	11.80%
Inv. Aplicada	22.20%	Inv. Aplicada	22.60%	Inv. Aplicada	23.20%
Desarrollo	65.00%	Desarrollo	63.80%	Desarrollo	65%
Fuente:	National Patterns of Research and Development Resources, 1953-1975. National Science Foundation, USA, 1975				

CUADRO IV-2

Distribución del Gasto Total en I y D desglosado en Investigación

Básica, Aplicada y Desarrollo (En porcentaje)

	1964			1967			1970			1971			1972		
	IB	IA	D												
FRANCIA	17.30	33.90	48.80	18.00	38.00	44.00	19.00	32.00	49.00						
GRAN BRETAÑA	12.50	26.10	61.40				7.50	23.10	60.80						
JAPÓN										37.30	19.10	43.60	34.30	17.70	48.00
ITALIA	18.60	39.90	41.50	15.40	41.80	42.80				22.10	39.90	37.90	21.00	40.80	38.20
CANADA										21.40	38.10	40.30	25.50	36.70	37.80
SUECIA				16.30	21.30	76.40				16.70	19.80	63.50			
BELGICA	20.90	41.20	37.90	21.60	42.40	36.00	32.70	41.70	25.60						
ESPAÑA	25.40	48.10	26.50	24.60	45.40	30.00									
HUNGRIA				22.10	42.90	35.00				15.00	32.80	52.20	13.70	32.80	53.50
POLONIA										6.50	19.40	74.10	15.60	19.00	65.80
CHECOSLOVAQUIA				15.90	44.70	39.40							9.20	71.00	20.10
ARGENTINA				30.00	48.70	21.30	3								
VENEZUELA								37.40	60.00	2.50					

- 1. Datos de 1969
- 2. Datos de 1973
- 3. Datos de 1968

Fuente: Statistical Yearbook, 1974 y 1973
UNESCO

CUADRO IV-3

Gastos en I y D por ramas intensivas en I y D

		EU	GB	RFA	FRA	JAP	ITAL	CAN	HOL	BEL	NOR	SUE	AUS
I y D realizado en industrias intensivas como % del gasto total en I y D		46.4	43.0	39.7	33.7	33.7	28.7	24.6	35.7	40.9	16.8	31.6	23.2
Industrias intensivas.	a	38.3	29.0		24.7			16.9		1.5		19.8	
Gasto en I y D como % de la I y D total para las industrias	b	24.8	24.5	31.3	28.6	30.3	25.7	29.1		20.3	22.0	24.3	18.6
	c	13.0	14.4	34.7	19.4	27.3	28.1	23.6		43.8	21.3	9.9	24.0
Suma		76.1	67.9	65.9	72.6	57.6	53.8	69.6	64.4	65.6	43.3	54.0	42.6
% de la actividad de cada industria intensiva financiada por el gobierno	a	90.4	84.3		78.3			46.1				69.7	
	b	61.8	35.0	4.0	29.9	0.5		22.6		2.8	9.7	36.6	
	c	15.9			2.8	0.1	0.3	1.9		3.4	4.7	2.4	

- a -Aeronaves y misiles
- b -Equipo eléctrico
- c -Productos químicos

NOTA La revista no proporciona el año a que se refieren los datos pero con seguridad se encuentran entre 1962-1965

FUENTE: The OECD observer, No. 33, abril 1968

CUADRO IV-4

Distribución de los gastos en Investigación y Desarrollo del Gobierno según los objetivos nacionales por países 1961 y 1969

	Estados Unidos		Gran Bretaña		Francia		RFA	
Total (Millones de dólares)	11 089		1 078		601		423	
	Distribución porcentual							
	1961	1969	1961	1969	1961	1969	1961	1969
Defensa Nacional	65.0	49.0	65.0	40.0	40.0	31.0	22.0	19.0
Espacio	16.0	24.0	1.0	4.0	1.0	7.0	¹	6.0
Servicios comunitarios	7.0	12.0	2.0	4.0	1.0	3.0	¹	2.0
Desarrollo económico	4	7	11	26	8	16	¹	2
Energía nuclear	7	6	15	12	29	18	16	17
Avance de la ciencia	2	2	7	13	20	24	37	39

¹ No disponible

Fuente: OECD, Research and Development in OECD Member Countries; Trends and objectives, Sept. 13 1971

CUADRO V-1

Porcentaje de la I Y D industrial total realizada en las firmas clasificadas según el tamaño de su programa de I y D

PAÍS	Número de las firmas clasificadas por tamaño de I y D						
	4.0	8.0	20.0	40.0	100.0	200.0	300.0
Estados Unidos	22.0	35.0	57.0	70.0	82.0	89.0	92.0
Gran Bretaña	25.6	34.0	47.2	57.9	69.5	75.0	77.0
Francia	20.9	30.5	47.7	63.4	81.0	91.2	95.6
Japón				47.7	52.1	63.1	71.4
Italia	46.4	56.3	70.4	81.6	92.5		
Canadá	30.3	40.8	58.4	71.5	86.2	93.2	
Holanda	64.4						
Suecia	33.2	43.0	54.0	71.0	85.4	90.0	
Bélgica	38.5	51.8	72.6	82.7	92.8	97.5	99.4
Noruega	29.5	38.8	55.7	70.6	88.2	97.9	100.0
España	25.2	47.0	73.9	91.5			

CUADRO V-2

Distribución porcentual del gasto total en I y D de acuerdo al sector de ejecución y a la fuente de financiamiento							
País	Año	Fuente de fondos			Sector de Ejecución		
		E	G	U	E	G	U
Estados Unidos	1963	32	64	1	82	89	92
Francia	1963	33	64				
Alemania	1964	57	41		66	38	11
Italia	1963	62	33	4	63	23	19
Japón	1963	65	28	4	65	12	19
Gran Bretaña	1964/65	42	54		67	25	7
Austria	1963	55	40		64	9	26
Bélgica	1963	71	24		69	10	20
Canadá	1963	34	55	7	41	43	11
Holanda	1964	54	40		56	3	20
Noruega	1963	38	54	1	52	21	25
Suecia	1964	49	48	1	67	15	18
Gracia	1964	16	82		16	74	9
Irlanda	1963	29	67		29	56	11
Portugal	1963	21	70	2	22	66	7
España	1963	26	74		25	69	6

E Empresas
G Gobierno
U Universidades

Fuente:
The OECD observer, No. 30 Oct. 1967