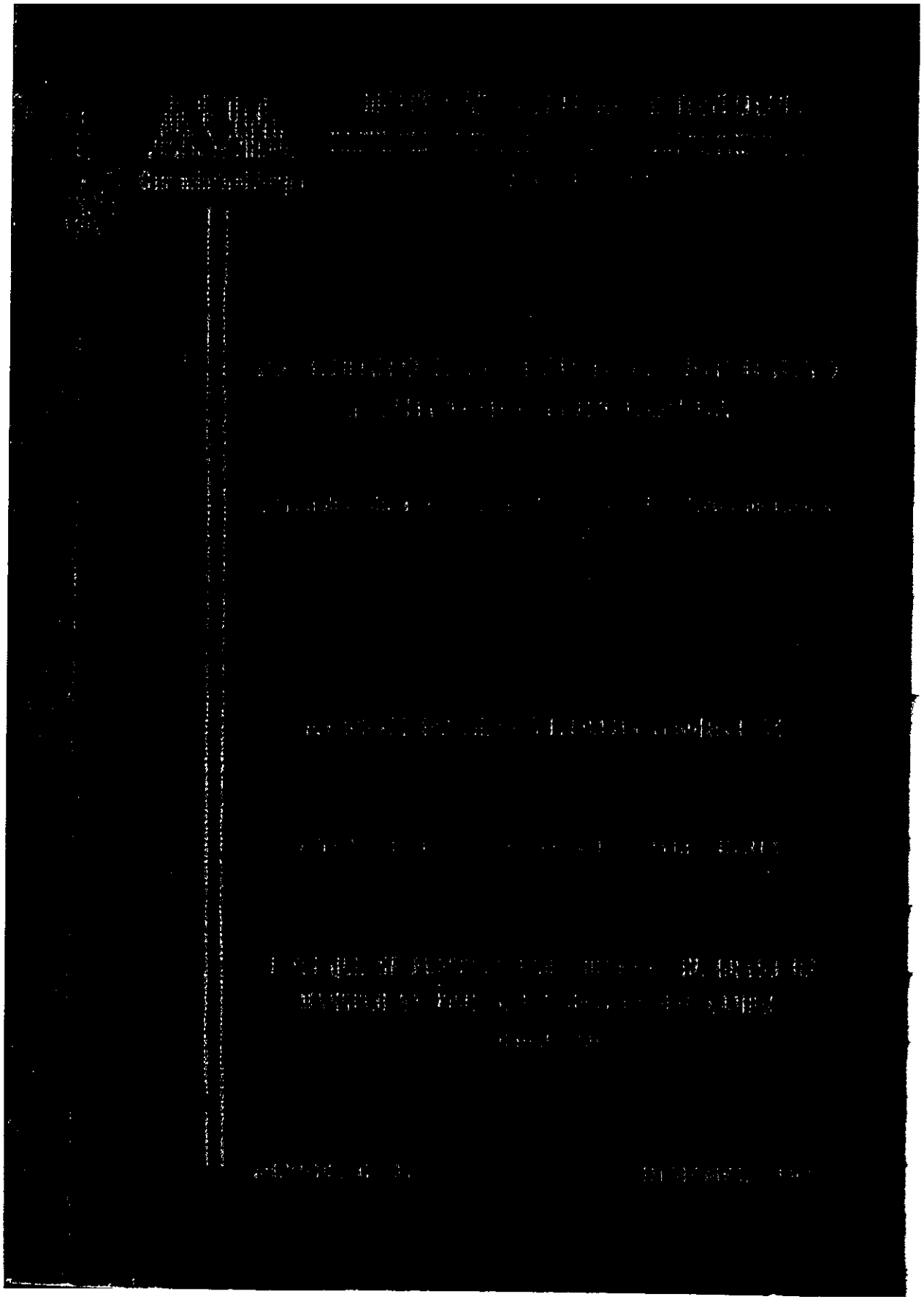

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

XOCHIMILCO

UN MODELO DE CRECIMIENTO ENDÓGENO E IMITACIÓN TECNOLÓGICA

(Una aplicación a la industria informática y de telecomunicaciones en México)

RAMÓN PABLO TIRADO JIMÉNEZ

Asesor: Dr. Etelberto Ortiz Cruz

TESIS QUE SE PRESENTA PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ECONOMÍA Y GESTIÓN DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

Diciembre, 1994

A Araceli

A mis padres: Ana Victoria y Manlio

A los profesores de la Maestría

A los asesores y sinodales

INDICE

	Página
I. Introducción General	1
II. Modelo Teórico	4
1. Introducción	4
2. El país innovador	7
3. El país imitador	11
4. Un análisis de los dos países	18
III. Modelo Obsevable y Trabajo Empírico	22
1. Una justificación	22
2. Un panorama general de las industrias informática y de telecomunicaciones en México	23
3. Marco de análisis empírico	26
4. El modelo observable	28
5. Los modelos de regresión	34
IV. Interpretación de los Resultados. Conclusiones	53
V. Anexo	67
VI. Bibliografía	72

I. INTRODUCCION GENERAL

I. INTRODUCCION GENERAL

El presente trabajo es el resultado de aproximádamente un año y medio de esfuerzos realizados en el marco de la Maestría en Economía y Gestión del Cambio Tecnológico. El objetivo general de la investigación es analizar, *grosso modo*, la teoría del crecimiento con cambio tecnológico endógeno y hacer algunas pruebas empíricas vinculadas con el marco teórico general para el caso de las industrias informática y de telecomunicaciones.

En este sentido es un intento por explorar los análisis recientes del crecimiento económico donde el cambio técnico juega un papel de primer orden en la explicación de las rutas de crecimiento que puede seguir un país.

El trabajo consta de tres grandes partes: un modelo teórico de crecimiento endógeno realizado con base en Romer (1990) y Rivera Bátiz-Romer (1991). Este aporte de tipo teórico intenta precisar las condiciones de crecimiento y las relaciones tecnológicas que subyacen entre dos países uno desarrollado innovador de tecnología y otro menos desarrollado, imitador, vinculados por un mercado mundial de diseños tecnológicos. De este marco teórico se derivan hipótesis a contrastar en fases posteriores del trabajo.

La segunda parte consta de una breve descripción de la industria a analizar y, por otra parte, incluye un largo planteamiento econométrico. Este ha sido necesario en la medida que se han requerido hacer estimaciones de coeficientes para poder efectuar un análisis posterior orientado a contrastar las hipótesis propuestas en el capítulo uno.

La última parte de la presente investigación emplea el marco teórico y los datos recabados para presentar una discusión sobre algunos problemas teóricos, las evidencias empíricas del crecimiento, la pertinencia o no de las hipótesis y las condiciones en que pueden contrastarse.

El modelo teórico propuesto al principio de la investigación es la referencia del análisis presentado en los capítulos siguientes porque provee tres elementos fundamentales: primero, la base teórica y los principales conceptos a utilizar; segundo, indica las ecuaciones a emplear y las variables a medir en función de, tercero, las hipótesis a contrastar en el trabajo empírico. La referencia teórica es un marco comprehensivo, general, que pretende explicar el proceso de crecimiento con cambio técnico endógeno de dos países, uno desarrollado y otro menos desarrollado.

Del enfoque teórico la investigación avanza al trabajo empírico que se diseña con el modelo observable. Este último provee una forma funcional mensurable para las expresiones matemáticas a utilizar, propone una forma de medir las variables y un conjunto de fuentes para obtener esos datos.

Lo que sigue al modelo observable es el trabajo de medición empírica que implica el cálculo de algunos coeficientes para determinar las funciones relevantes a través del método de mínimos cuadrados.

Sin embargo, hay dos cuestiones importantes: primero, los resultados que arroja el modelo de regresión lineal son una forma posible de contrastación de las hipótesis propuestas en la parte teórica y, en segundo lugar, indpendientemente de que las hipótesis puedan corroborarse o rechazarse -bajo las especificaciones particulares de este esfuerzo- lo fundamental es que ello no confirma la validez, o no validez, de la teoría en sí misma.

Esto es, las hipótesis se diseñan dentro del marco teórico como propuestas generales, y en el modelo observable se selecciona sólo una forma de contrastarlas. Ello mismo significa que el presente no es un intento por validar la teoría.

Hasta donde se conoce, es muy poco el trabajo empírico realizado en el sentido aquí propuesto. Sin embargo, destacan Adams (1990) y Berndt (1990, caps. 3 y 4). En

ambos textos, se proponen estudios de tipo empírico mediante análisis econométricos siguiendo la base teórica de los modelos de crecimiento endógeno. El primero es un análisis sobre los plazos en que la investigación académica tarda en llegar a convertirse en bienes y servicios, y el segundo presenta un conjunto de ejemplos sobre aplicaciones recientes de los métodos econométricos a ideas teóricas nuevas.

En el ámbito de la nueva teoría del comercio internacional es necesario señalar, entre otros, dos trabajos empíricos: Baldwin y Krugman (1988) y Dixit (1988) -ambos pueden consultarse en Grossman (1993, caps. 10 y 11)-. El primero es una aplicación de la teoría al caso de la industria de memorias RAM de 16K y el segundo es una aplicación a la industria del automóvil: en ambos casos se examinan las condiciones del mercado, la competencia comercial y tecnológica entre los países productores.

Es importante dar testimonio de que sin la valiosa y permanente asesoría ofrecida por el Dr. Etelberto Ortiz, de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, desde el comienzo mismo de la investigación, no hubiera sido posible alcanzar esta fase del trabajo. Asimismo, es necesario reconocer la valiosa ayuda del maestro Martín Puchet de la Maestría en Ciencias Económicas de la UNAM, quien asesoró con paciencia diversas fases de esta tesis, pero fundamentalmente contribuyó a lo largo de un momento crucial: cuando se construía el modelo teórico que se presenta en el primer capítulo. A pesar de la oportuna y comprometida asesoría recibida, susbisten fallas e insuficiencias en este trabajo, de las cuales quien esto escribe es el único responsable.

II. MODELO TEORICO

II. MODELO TEORICO

1. INTRODUCCION

Un Modelo de Crecimiento Endógeno e Imitación Tecnológica explora los problemas relacionados con la ruta de crecimiento correspondiente a un país desarrollado y a otro menos desarrollado que se vinculan por el mercado mundial de tecnología.

El estudio que se presenta está inscrito en la corriente moderna que ha efectuado un vasto trabajo de modelos con cambio tecnológico endógeno (Romer, 1990; Lucas, 1993; Grossman y Helpman, 1991, entre algunos de los textos representativos) inspirados en una tradición más antigua: la obra de Schumpeter en la primera mitad del siglo XX, el planteamiento formal, no resuelto, de Robert Solow (1957) y los dos trabajos pioneros de Arrow (1962a; 1962b) en los que incorpora, por una parte, el tema del conocimiento y el aprendizaje, por otra parte, plantea que la asignación de recursos para la innovación sólo es exitosa bajo mecanismos de mercado imperfectamente competitivos. En cierta forma, estos modelos tienen relación más indirecta con algunos de los trabajos de Kaldor a principios de la década de 1960 (por ejemplo, Kaldor y Mirlees, 1962).

La nueva teoría del crecimiento se caracteriza, en último análisis, por el desarrollo de modelos con crecimiento endógeno, "...en el sentido de que (el crecimiento) ocurre en ausencia de incrementos exógenos en la productividad tales como los atribuidos al progreso técnico en el modelo neoclásico..." (Rebelo, 1991: 501). Esto es, los incrementos en la productividad a lo largo del tiempo -en el caso del presente modelo debidos al progreso técnico- son explicados dentro del mismo análisis y no son expuestos, como en el caso del modelo de Solow con progreso técnico (1957), como un dato que se multiplica a una función de producción.

Con los cambios que más adelante son explicados, el modelo que se expone está basado en los trabajos de Paul Romer (1990) y Rivera Bátiz-Romer (1991) en los cuales se endogeneiza el proceso de innovación, y se exhibe la ruta de crecimiento para un país que lanza al mercado bienes nuevos. En el modelo que a continuación se presenta, una vez que se alcanza una solución de equilibrio para el país innovador, se logra endogeneizar además el proceso de imitación tecnológica para el caso de un país menos desarrollado.

En última instancia, se intentan bosquejar algunos elementos centrales de la relación entre países desarrollados, generadores de nueva tecnología, y países menos desarrollados, imitadores y receptores de tecnologías generadas fuera de su espacio económico.

El objetivo del presente modelo es formalizar dos elementos centrales de lo que podemos designar como nueva teoría del crecimiento. Los dos elementos centrales de la teoría son, primero, la importancia creciente que ha adquirido el capital humano como variable central explicativa del crecimiento del producto en el tiempo (Romer, 1990; Lucas, 1993); segundo, la imitación tecnológica como el medio a través del cual un país menos desarrollado accede a las innovaciones técnicas ocurridas en los países desarrollados y, en último análisis, al aprendizaje que permite un determinado dominio en el conocimiento de los nuevos productos (Krugman, 1990; Grossman y Helpman, 1991).

El modelo consta de dos países, uno innovador, n, y otro imitador, m. El país innovador se caracteriza por generar permanentemente nuevos productos a través de la aplicación en la manufactura de nuevos diseños creados en los laboratorios de Investigación y Desarrollo. El país imitador se caracteriza por producir bienes que fueron desarrollados originalmente en el país innovador.

Defino a la innovación, en el contexto de la proliferación de nuevos productos, como la creación de novedades tecnológicas dentro del mercado mundial, esto es, los

bienes son nuevos en la medida que en el mercado mundial no existían anteriormente. Por otra parte, defino a la imitación como la actividad de reproducir aquellos bienes novedosos. En el caso del presente modelo un país, el desarrollado, es el que produce innovaciones, mientras que el país menos desarrollado produce imitaciones. Es posible que la definición anterior pudiera entrar en conflicto con el concepto tradicional -que la innovación es un invento exitoso en el mercado-, pero en realidad asimila la idea anterior y se proyecta a las dimensiones internacionales donde algunos países tienen mejores condiciones para innovar, mientras otros exhiben mejores condiciones para reproducir inventos exitosos en el mercado, generados fuera del espacio nacional.

Un supuesto que subyace a lo largo del presente trabajo es que el país innovador únicamente produce bienes nuevos, mientras que el país imitador sólamente produce bienes originalmente diseñados en un país desarrollado, ambas conforman las vías para la introducción del cambio técnico en los países (Krugman, 1990; Grossman y Helpman, 1991).

En términos generales, como señalé más arriba, el modelo es una adaptación del expuesto por Romer (1990) y Rivera Bátiz-Romer (1991), ya que aquí sólo se consideran dos sectores, mientras que en la formalización original hay tres sectores. Otro rasgo distintivo es que aquí se considera cambio técnico en términos de innovaciones de productos, mientras que en Romer (1990) el cambio tecnológico se introduce a través de la incorporación de nuevo equipo de capital cada vez más productivo, esto es como innovaciones de proceso, donde el sector productor de diseños vende al sector productor de bienes de capital, en cambio, aquí supongo que tal sector de diseños vende ideas -en forma de copias heliográficas si se quiere- para nuevos productos finales.

En primer término se plantea una función de producción en la que la firma representativa emplea, además de trabajo manual, L, y capital físico, K, capital humano, H_{qn}, entendido como aquella parte de la fuerza de trabajo calificada que ofrece su participación intelectual en el proceso productivo; la firma, además, emplea un stock de diseños, A, como insumo para la producción de nuevos bienes.

$$Q_n(t) = H_{qn}^{\alpha}(t)L_n^{\beta}(t)K_n^{\gamma}(t)A^{\chi}(t); \qquad (1)$$
$$\alpha+\beta+\gamma+\chi=1$$

El sentido en el que se incorpora la noción de capital humano es en el que las firmas emplean habilidades intelectuales de personal calificado cuya formación es la suma de educación formal y aprendizaje en el trabajo (Romer, 1990, Grossman y Helpman, 1991). Esta definición de capital humano no hace referencia a aquella elaboración teórica vinculada con las actitudes educativas y de salud en los individuos que llevan, en última instancia, a reflexiones sobre la conducta económica de las familias (Becker, 1990).

Por otra parte hay un sector productor de diseños, el cual vende sus copias heliográficas a la firma productora de bienes finales. En este caso, la evolución en el tiempo de los nuevos diseños es creciente con respecto a los dos insumos que se emplean, diseños y capital humano asignado a dicha actividad, el coeficiente expresa un parámetro de la productividad en el trabajo de dicho sector.

$$\dot{A} = \delta_n H_{an}(t)A(t) \qquad (2)$$

Lo que en el fondo expresa la forma funcional de (2), es que no existen límites a la capacidad humana de innovación tecnológica, esto es, que las posibilidades de producir nuevos bienes en el tiempo tiende a aumentar permanentemente.

Finalmente, tenemos la restricción que expresa que todo el capital humano se divide en actividades de manufactura y de investigación, teniendo como límite el total de H existente en un país en un momento dado.

$$H_n(t) = H_{an}(t) + H_{qn}(t) \qquad (3)$$

Como el sector productor de diseños está separado de las empresas productoras de bienes, es decir, que las nuevas ideas son ofrecidas a las empresas y, ante todo, son vendidas, podemos presentar el precio al que la firma productora de A ofrecerá sus inventos maximizando parcialmente el benefecio con respecto a los diseños en la ecuación (1):

$$\max_{A}\left[H_{qn}^{\alpha}(t)L_{n}^{\beta}(t)K_{n}^{\gamma}(t)A^{\chi}(t) - P_{an}(t)A\ (t)\right]$$

De lo cual se obtiene la función de demanda inversa que toma como dada el productor de diseños, y mediante la cual obtendrá el precio maximizador del beneficio:

$$P_{an}(t) = \chi H_{qn}^{\alpha}(t)L_{n}^{\beta}(t)K_{n}^{\gamma}(t)A^{\chi-1}(t) \qquad (4)$$

En este caso, tenemos que el productor de diseños es un monopolista, el cual fija el precio de su diseño al nivel dado por la curva de demanda expresada en (4), mientras tanto, el productor de bienes finales es un tomador de precios de los diseños innovadores,

quienes, dado el precio, determinan la cantidad de diseños a emplear para la producción de bienes.

Siguiendo a Arrow (1962b: 158): "...en una economía de libre empresa la rentabilidad de la invención -como producción de información- requiere una asignación no óptima de recursos." De esta forma, entonces, el problema puede resolverse mediante una fijación de precios en competencia imperfecta, siguiendo en buena medida la idea central de Schumpeter (1942), donde apuntaba que durante un periodo, para que la innovación sea lucrativa, es necesario mantener un margen monopólico de beneficio.

El precio del capital humano, w_{han}, en el sector productor de diseños es el que resulta de la maximización dentro de la firma del capital humano a emplear:

$$\max_{h_{an}}\left[\delta_n P_{an}(t)A(t)H_{an}(t) - w_{han}(t)H_{an}(t)\right]$$

$$w_{han}(t) = \delta_n P_{an}(t)A(t) \qquad (5)$$

Para encontrar una ruta de crecimiento de equlibrio, es necesario describir la forma en que se reparte el capital humano en los sectores de manufactura e investigación. El precio del capital humano en el sector de manufactura es igual a su producto marginal, buscaremos después que ambos se igualen:

$$w_{hqn}(t) = \alpha H_{qn}^{\alpha-1}(t)L_n^{\beta}(t)K_n^{\gamma}(t)A^{\chi}(t) \qquad (6)$$

Se plantea entonces que:

$$w_{hn}(t) = \delta_n P_{an}(t)A(t) = \alpha H_{qn}^{\alpha-1}(t)L_n^{\beta}(t)K_n^{\gamma}(t)A^{\chi}(t)$$

Igualando ambas expresiones, sustituyendo el precio de los diseños y despejando H_q, es posible obtener la cantidad de capital humano que será utilizada en el sector manufacturero:

$$H_{qn}(t) = \frac{\alpha}{\delta_n \chi} \qquad (7)$$

La tasa de crecimiento equilibrado, g_n, para el producto total y la cantidad de diseños estará dada por:

$$g_n = \frac{\dot{Q}_n}{Q_n} = \frac{\dot{A}}{A} = \delta_n H_{an}(t)$$

Podemos pensar que $H_{an}(t)=H(t)-H_{qn}(t)$ y si $g_n=\delta_n H_{an}(t)$, entonces tendremos que:

$$g_n = \delta_n H_n(t) - \frac{\alpha}{\chi} \qquad (8)^*$$

En (8) tenemos que la tasa de crecimiento del producto es fundamentalmente una función del capital humano total existente en un momento dado, donde los coeficientes δ, χ, α están presentes. Se trata de los coeficientes relacionados con el capital humano en ambos sectores y del stock de diseños nuevos. En este modelo simplificado, lo fundamental es que además no aparecen otras variables, como L o K, ni sus respectivos coeficientes en tanto determinantes del crecimiento equilibrado entre el producto y la creación de diseños.

* En el apéndice se presenta la deducción de las ecuaciones 7 y 8.

Todo lo demás constante, dos cuestiones parecen derivarse de la ecuación (8): la primera, es que si el capital humano total es muy pequeño, cercano a cero, la tasa de crecimiento será negativa y no existirá estímulo alguno para que se asigne una fracción del capital humano a trabajar en el sector que produce diseños. Ahora bien, cuando el capital humano total empieza a aumentar, tenemos que la tasa de crecimiento económico aumentará y, fundamentalmente, la fracción del capital humano empleada en el sector innovador, aquel que produce y vende diseños, comenzará a aumentar. La segunda intuición es que pueden haber puntos con crecimiento muy bajo y capital humano total muy pequeño que cancelen toda posibilidad de actividad innovativa, o que impliquen una producción de diseños marginal, que no es sustantiva dentro de la actividad económica global.

3. EL PAIS IMITADOR

El país imitador emplea el stock de diseños innovadores para imitarlos: la forma en que se introduce el progreso técnico en este país es a través de la transferencia de tecnología mediante su compra en el mercado internacional. Por razones analíticas suponemos que hay dos sectores, uno productor de bienes y otro productor de diseños imitados - básicamente adaptaciones a la realidad específica del mercado y las condiciones técnicas locales- y buscaremos, como en el caso anterior, la forma en que se divide el capital humano dentro de ambas actividades.

Una cuestión por aclarar, es que si bien hay dos sectores, en la realidad no necesariamente ello ocurriría de esa forma, debido a que las actividades sustantivas se realizarían integralmente dentro de la firma manufacturera, así, al hacer referencia a la asignación de capital humano dentro de ambos sectores, con más precisión se habla de la cantidad de horas, digamos, que el capital humano se emplea en actividades vinculadas con la manufactura y el tiempo que dedica a actividades relacionadas con la adaptación de

tecnologías foráneas: en cierta forma se aborda la cuestión vinculada con la escasa actividad de Investigación y Desarrollo formales, claramente separadas de la actividad manufacturera en un país menos desarrollado. Esta es una primera diferencia sustancial con la lógica que se deriva de la dinámica de un país innovador, donde la I&D está diferenciada y separada de las actividades de producción de bienes, y donde un ingeniero empleado en investigación no cumple tareas de supervisión, digamos, en la planta manufacturera.

Una segunda diferencia, con seguridad la principal, es que la imitación se caracteriza por acudir a un stock de diseños innovadores generados fuera del país. El sector productor de imitaciones basa su actividad en la utilización del acervo de diseños innovadores, los cuales ya hemos visto cómo son producidos.

La idea que subyace, en todo caso, es que el país menos desarrollado carece de condiciones para innovar, esto es, producir bienes nuevos desde la perspectiva del mercado mundial. Está en condiciones de poder copiar, adquirir patentes o adaptar productos nuevos generados fuera del estado nacional.

El bien final es producido en condiciones similares a las descritas en la ecuación (1), donde se emplean factores tradicionales, capital y trabajo manual, pero además se utiliza capital humano y un stock de diseños imitados localmente, M.

$$Q_m(t) = H_{qm}^{\alpha}(t) L_m^{\beta}(t) K_m^{\gamma}(t) M^{\chi}(t); \qquad (9)$$
$$\alpha + \beta + \gamma + \chi = 1$$

Considero importante subrayar que aun cuando la forma funcional es similar para ambos países, las funciones en sí son diferentes en la medida en que habrán dotaciones de

factores distintas y los valores que los coeficientes asumirán, es de esperarse que sean distintos.*

Las imitaciones evolucionarán en el tiempo, a un ritmo dado por la función:

$$\dot{M} = \delta_m H_{mm}(t)A(t) \qquad (10)$$

La cantidad de diseños a imitar evolucionará en el tiempo en forma directamente proporcional a la cantidad de capital humano empleado en la imitación, y de la cantidad de diseños innovadores a disposición del productor en el país menos desarrollado.

Para producir diseños imitados, la firma tendrá que emplear capital humano y el stock de diseños innovadores generados en el primer país. Ahora bien, tenemos una forma funcional similar a la de la ecuación (2). Sin embargo, hay que considerar que la capacidad imitativa será creciente siempre y cuando, manteniendo el capital humano constante, el stock de diseños innovadores producidos fuera del país imitador, aumente. Así, la capacidad de adaptar depende de la magnitud del capital humano y del tamaño del stock de diseños innovadores, el cual se amplía dentro del primer país ya descrito, en último análisis ello implica que las firmas del país imitador no tienen control sobre la magnitud de ese stock y, por otro lado, tampoco tienen control sobre la dirección del cambio tecnológico. En cierta forma podemos pensar que son tomadores de cambio técnico.

Finalmente (11) presenta una restricción, como en (3), donde se expresa la distribución del capital humano total, H_m, entre los sectores de manufactura y de imitación -o adaptación de diseños innovadores-:

* En este caso no se hace ninguna referencia a las consecuencias que este supuesto podría tener en términos del teorema de Samuelson sobre la igualación de los precios de los factores, debido a que no se analiza el comercio de bienes entre dos países.

$$H_m(t) = H_{qm}(t) + H_{mm}(t) \tag{11}$$

El precio de un diseño imitado es aquel que resulta de la maximización del beneficio en la ecuación (9): por razones analíticas, en ciertos casos reales, pensamos que hay una forma de comercio intrafirma, donde los diseños adaptados son vendidos al sector que produce bienes finales. El precio de un diseño imitado se fija al nivel de la curva de demanda inversa que presenta el sector productor de bienes finales:

$$P_m(t) = \chi H_{qm}^{\alpha}(t) L_m^{\beta}(t) K_m^{\gamma}(t) M^{\chi-1}(t) \tag{12}$$

En tal caso, la empresa productora de bienes finales, dado el precio de los diseños imitados, determina la cantidad de ellos a ocupar en su producción.

En la medida que el adaptador de innovaciones es tomador de tecnologías, también es tomador de precios de las tecnologías y podemos expresar que tal precio resulta de la maximización del beneficio con respecto al número de diseños imitados a emplear, señalado en la ecuación (10), tendremos:

$$\max_{A}\left[\delta_m H_{mm}(t)A(t) - P_a(t)A(t)\right]$$

$$P_a(t) = \delta_m H_{mm}(t) \tag{13}$$

El innovador y el imitador se relacionan en el entorno mundial a través del mercado de tecnología. La ecuación (13) expresa el nivel al que el productor de diseños

innovados fijará el precio de su conocimiento; el imitador, dado el precio del diseño foráneo fijará, por su parte, la cantidad de capital humano a emplear en dicha actividad dependiendo, además, del coeficiente de productividad en imitaciones.

Una cuestión relevante sobre (13), es que si el capital humano empleado en actividades de investigación imitativa fuera muy pequeño, cercano a cero, tendríamos que el precio de un diseño innovador tendería a cero. Tal resultado podemos interpretarlo como el hecho de que no habría condiciones de demanda por diseños nuevos en la medida que ello depende principalmente de la cantidad de capital humano empleada en la imitación. Otra intepretación correspondiente a un caso extremo como el señalado, es que no tendría sentido una solución de esquina bajo las especificaciones concretas de la función.

Las ecuaciones (12) y (13) explican los precios maximizadores del beneficio que se establecen bajo condiciones de imitación. La primera explica el problema del precio de monopolio que se forma al realizarse la venta de un diseño imitado al productor de bienes finales; la segunda describe el precio monopólico que se forma al efectuarse la venta de un diseño innovador a una empresa ubicada en el país imitador. En el primer caso, el imitador es fijador de precios, en el segundo se convierte en tomador de precios de un productor foráneo de diseños de productos novedosos.

Vamos, como en la parte anterior, a definir las condiciones para alcanzar una solución de equilibrio balanceado. El salario del capital humano, que se divide en ambas actividades, para el sector de diseños imitados, será resultado de la maximización con respecto al capital humano de la ecuación (10); en el caso del sector que produce bienes finales, es el producto marginal del factor:

$$\max_{H_{mm}}\left[\delta_m P_m(t)A(t)H_{mm}(t)-(P_{an}(t)A(t)+w_{hmm}(t)H_{mm}(t))\right]$$

$$w_{hmm}(t) = \delta_m P_m(t)A(t) \tag{14}$$

$$w_{hqm}(t) = \alpha H_{qm}^{\alpha-1}(t)L_m^{\beta}(t)K_m^{\gamma}(t)M^{\chi}(t) \tag{15}$$

Como en el caso del país innovador, igualamos ambas ecuaciones para obtener un solo salario correspondiente al capital humano, sustituimos la ecuación (12) en la (14) y despejamos el capital humano asignado al sector que produce bienes finales:

$$H_{qm} = \frac{\alpha M(t)}{A(t)\chi\delta_m} \tag{16}^*$$

La cantidad de capital humano a asignar al sector productor de bienes imitados, depende esencialmente de la razon de diseños imitados a innovados, lo que puede interpretarse como que un aumento de la cantidad de diseños innovadores que las firmas están dispuestas a imitar, incrementará la cantidad de capital humano a asignar al sector manufacturero.

Dos casos extremos podemos extraer de (16): a) debido a que la razón de productos imitados a innovados es una proporción cuyo valor máximo sería 1, la situación límite en la que toda innovación es transferida al país imitador en forma instantánea y donde la cantidad de capital humano a asignar al sector productor de bienes será igual al valor de los coeficientes α, χ, δ como en el caso del país innovador -aunque el valor de los coeficientes sea distinto-. b) El segundo caso extremo será aquel en el que la proporción de adaptaciones a innovaciones sea tan pequeña, cercana a cero, que el tiempo que una pieza de capital humano dedicaría a la actividad manufacturera sería, también, muy

* En el anexo se presenta la deducción de las ecuaciones 16 y 17.

cercano a cero. En tal virtud, la producción de bienes finales utilizaría intensivamente sólo trabajo manual y capital físico en desmedro del capital de conocimiento incluido en la producción.

Podemos encontrar una tasa de crecimiento compatible para Q y M:

$$g_m = \frac{\dot{Q}_m}{Q_m} = \frac{\dot{M}}{M} = \frac{\delta_m H_{mm}(t)A(t)}{M(t)}$$

Si sabemos que el capital humano, dada su magnitud, se reparte entre los dos sectores, entonces podemos plantear que la cantidad de capital humano a asignar a actividades de imitación de diseños será igual a la diferencia entre el capital humano total y el asignado a la manufactura:

$$g_m = \delta_m H_m \frac{A(t)}{M(t)} - \frac{\alpha}{\chi} \qquad (17)$$

Así, la tasa de crecimiento en condiciones imitatitvas dependerá tanto del capital humano total como de la razón entre diseños innovados -creados fuera del país- y diseños imitados. Esto último podría interpretarse como la brecha tecnológica existente entre el país que produce diseños nuevos y el país que adapta diseños nuevos.

Todo lo demás constante, significa que entre mayor sea el capital humano en un momento dado, mayor será la fracción de tiempo que dedicará al trabajo de imitación y, más aún, mayor será la tasa de crecimiento económico.

Pero al propio tiempo, manteniendo todo lo demás constante, tenemos que si la razón de diseños innovados a imitados aumenta -porque el stock de innovaciones foráneas

crece más rápido- tendríamos que la asignación de capital humano a tareas imitativas aumenta y, además, la tasa de crecimiento económico aumentará. Esto último deviene en una intuición: las posibilidades de crecimiento económico para una economía imitativa como la descrita depende en una proporción considerable de las capacidades innovativas foráneas, si éstas disminuyeran su dinámica, la tasa de crecimiento económico tendería a descender en la medida que la cantidad de capital humano a emplear en adaptaciones tecnológicas descendería también.

4. UN ANALISIS DE LOS DOS PAISES

Las ecuaciones (8) y (17) expresan lo fundamental del modelo de dos países y dos sectores vinculados por un mercado de tecnología. En ambos casos la magnitud del capital humano total determina la tasa de crecimiento del producto en tanto resultado de un empleo determinado del capital humano en actividades de investigación: innovativas y adaptativas. Para el país que imita, sin embargo, otro determinante es la brecha tecnológica como ya se ha explicado más arriba.

Supongamos que los coeficientes δ, α, χ fueran iguales en ambos casos, y dado que en ambas ecuaciones de equilibrio existen esos coeficientes entonces podemos comparar la magnitud de las tasas de crecimiento evaluando las magnitudes de la razón de capital humano total entre los dos países, y la magnitud de la brecha tecnológica:

$$\delta_n H_n(t) - \frac{\alpha}{\chi} \underset{<}{\overset{>}{=}} \frac{\delta_m H_m(t) A(t)}{M(t)} - \frac{\alpha}{\chi}$$

$$g_n \gtreqless g_m ; \frac{H_n(t)}{H_m(t)} \gtreqless \frac{A(t)}{M(t)}$$

Podemos suponer que el capital humano total existente en el país imitador es menor al capital humano existente en un momento t en el país innovador y podemos pensar siempre que la brecha tecnológica asumirá siempre valores mayores que 1, en la medida que siempre habrán más diseños innovados que imitados, en el caso en que sea 1, entonces estaríamos pensando en que la brecha tecnológica se ha cerrado.

Llamemos a la razón de los capitales humanos $h(t)=H_n(t)/H_m(t)$ y llamemos a la razón de diseños innovados a imitados $a(t)=A(t)/M(t)$. Dados los elementos planteados en los párrafos precedentes, podríamos esperar dos casos centrales:

1)Si $h(t)<a(t)$, entonces a lo largo de un periodo determinado la tasa de crecimiento económico será mayor en el país imitador que en el país innovador. Esto es así en la medida que si la relación entre capitales humanos es menor a la relación existente entre los diseños innovadores a imitados, existirá un espacio de crecimiento donde el país imitador tenderá a aumentar sus capacidades adaptativas hasta que las dos razones tendieran a igualarse. En este punto podemos esperar que las tasas de crecimiento en ambos países se igualen aun cuando el stock de capital humano difiera en cada una de las naciones.

2)Sin embargo, en el caso en que $h(t)>a(t)$, entonces podemos esperar que la tasa de crecimiento de la economía en el país innovador sea mayor a la existente en el país imitador en un momento dado.

El caso uno, expuesto en la página anterior, es el que puede guiar una hipótesis de trabajo fundamental.

HIPOTESIS 1: En un contexto de imitación tecnológica, podemos esperar que si la razón del capital humano entre los dos países es menor a la razón de los diseños innovados a imitados, existirá una mayor tasa de crecimiento económico para el país imitador en la medida que podrá incrementar su capacidad de adaptación de bienes nuevos durante un determinado periodo, y esto incidirá en mayores incrementos relativos del producto en un país imitador frente al país innovador, tendiendo a cerrar la brecha entre innovaciones e imitaciones.

Por otra parte, la ecuación (16) describe, a partir de un proceso de optimización efectuado por la empresa representativa, la cantidad de capital humano a emplear en el sector productor de bienes finales imitados. Por otra parte, se tendrán los resultados observados del total de capital humano utilizado por las empresas, así, tendríamos un dato observado y otro estimado, la hipótesis que es posible desprender de ese ejercicio es la siguiente:

HIPOTESIS 2: Las firmas no emplean, en cantidad óptima, al capital humano necesario que permita emprender la producción de bienes imitados. En general, podemos postular que se emplean en proporción menor al óptimo y tal posibilidad puede ser resultado de una escasa formación de capital humano en relación con las necesidades de la industria. Sobre ello hay algunas evidencias empíricas que pueden respaldar la afirmación arriba expuesta (INEGI, 1992).

Las anteriores son las que se consideran como principales hipótesis de trabajo a contrastar en el curso del proceso empírico. Como veremos al final del presente trabajo, en realidad tales hipótesis no serán contrastadas en su forma más directa, debido a que la información generada por el trabajo empírico que continúa no es suficiente para realizarlo.

Es pertinente plantear que con independencia de lo anterior, también es cierto que un trabajo de esta naturaleza, lo más que puede realizar es cotejar los resultados de la experiencia cuantitativa, con las hipótesis y ello no validará la teoría ni, tampoco, resolverá las relaciones teórico empíricas subyacentes.

III. MODELO OBSERVABLE Y TRABAJO EMPIRICO

III. MODELO OBSERVABLE Y TRABAJO EMPIRICO

1. UNA JUSTIFICACION

El sector a analizar, las industrias informática y de telecomunicaciones, presenta varios elementos de interés que a continuación expongo y por los cuales fue elegido.

Primero, se trata de dos industrias, aunque no las únicas, tecnológicamente dinámicas a nivel mundial, donde los principales centros de investigación y desarrollo en la materia han efectuado avances sustanciales en plazos históricos relativamente breves. Los siguientes tres ejemplos pueden ilustrar lo anterior:

1) Aproximádamente cada 18 meses se duplica la cantidad de componentes que es posible instalar en un *chip* de silicio del tamaño de una uña. Es posible que tal proceso alcance su madurez hacia el año 2010 (Lang, 1993).

2) El nivel de integración de los microprocesadores de silicio para el procesamiento del lenguaje crece a un ritmo anual de 33% y la velocidad de los componentes se incrementa en un 20% por año (Lang, 1993).

3) Medido en millones de instrucciones por segundo, el poder de procesamiento de las microcomputadoras se duplica cada año (Lang, 1993). Un procesador Pentium, de Intel, que salió al mercado a mediados de 1993 en los Estados Unidos tiene una capacidad de procesamiento de 112 millones de instrucciones por segundo, mide 1/25000 de pulgada y está constituido por 3.1 millones de transistores (*PERSONAL Computing México*: 61, Mayo, 1993), mientras que el microprocesador 80486, lanzado originalmente en 1989 tenía instalados 1.2 millones de transistores (*PERSONAL Computing México*: febrero,1992).

Por otra parte, medido en dólares corrientes, el mercado mexicano de equipo de cómputo -lo cual incluye sistemas multiusuarios, sistemas personales y de comunicaciones- ha crecido a una tasa media anual entre 1989 y 1992 de 21.29% (INEGI, 1992). Las importaciones, medidas en dólares corrientes, crecieron a una tasa media anual entre 1988 y 1993 de 27.20% siendo apreciablemente mayor la importación de bienes terminados que de partes y componentes (Serra Puche, 1994). Las exportaciones, por su parte, aumentaron a un ritmo anual de 19.16%, donde la exportación de partes y componentes tendió a crecer con mayor dinamismo que la exportación de bienes finales (Serra Puche, 1994).

En buen grado tenemos una industria de informática y de telecomunicaciones que tiende a aumentar considerablemente su presencia económica, en un contexto mundial de firmas tecnológica y productivamente muy dinámicas.

2. UN PANORAMA GENERAL DE LAS INDUSTRIAS INFORMATICA Y DE TELECOMUNICACIONES EN MEXICO

En este apartado se realizará una breve exposición sobre algunos elementos que describen la organización industrial del sector. Podemos clasificar en dos grandes ubicaciones a las firmas: por una parte, entre nacionales y trasnacionales. Por otra parte, podemos clasificarlas como productoras y como distribuidoras que en este caso no implica sólo un acto de reventa, sino que ofrecen siempre servicio a los clientes, capacitación instalación, diseño e implementación lo cual implica dar cierto valor agregado a los bienes que venden. Sobre esta última clasificación no abundaré a lo largo del texto. [Al respecto se puede ver Tirado (1993)].

En relación con la diferencia entre empresas nacionales y trasnacionales se distinguen dos tipos de conducta de mercado, sin embargo, en muchos casos hay estrechos vínculos entre ambas. A continuación me explico.

Las firmas nacionales generalmente se distinguen por producir bienes informáticos o de telecomunicaciones relativamente estandarizados, con partes relativamente poco intensivas en conocimiento y en muchas ocasiones con un antecedente inicial como proveedores de empresas mayores trasnacionales o con socios tecnológicos extranjeros que proveen los elementos principales para la producción de equipo final. Los siguientes ejemplos pueden ilustrar lo anterior.

Printaform, la empresa mexicana líder en computadoras personales comenzó asociada con una firma estadunidense denominada Columbia en la primera mitad de la década de 1980, al quebrar su socio tecnológico, inauguró una nueva relación con una firma taiwanesa denominada Multitech -el antecendente de Acer-, actualmente tienen diversos proveedores de componentes en Asia, una firma Suiza realiza el control de calidad antes de importar las partes a México, donde en una planta situada en Hermosillo, Sonora, ensamblan las diferentes partes. Esta firma, como otras mexicanas, siguen ofreciendo en el mercado productos superados tecnológicamente hace muchos años: por ejemplo, continúan vendiendo las PC con procesadores 8088 u 80286, rubros en los cuales ellos son líderes en ventas. No desarrollan tecnología de producto porque, según afirman ejecutivos de la firma "...el mercado mexicano no es lo suficientemente grande para soportar esfuerzos de desarrollo tecnológico." (*Personal Computing México:* 61, junio, 1993).

La empresa Encitel, con base en Guadalajara, inició sus actividades durante 1983 - con el antecedente de haber manejado una fábrica de colchones- como proveedora de Siemens y Mitel, dos empresas trasnacionales, en la producción de tarjetas electrónicas

para conmutadores. A mediados de la década, Siemens se convierte en socio de la empresa para permitir mayor producción, pero con la incorporación de México al GATT, aquélla se desliga de la producción de partes y vende sus acciones a socios mexicanos que encontraron en Hewlett-Packard al principal cliente, el cual ha intervenido en la creación de sistemas de control de calidad y ha sido proveedor de tecnologías de proceso. Encitel, como productora de bienes intermedios -tarjetas, cables- actualmente es proveedora de otras empresas en su mayoría trasnacionales ubicadas en Guadalajara como lo son, además de la ya mencionada, IBM, Tandem, Wang y Mitel.

Logix, empresa con base en Guadalajara, comenzó produciendo monitores bajo la marca Zonda durante la primera mitad de la década de 1980, devinieron en proveedores de IBM en 1985 y durante la segunda mitad de los 80 crearon la nueva marca, Logix, manufacturando equipos de cómputo personal completos. Las plantas de producción y control de calidad están ubicadas en Guadalajara, pero la empresa tiene una característica: ya no produce monitores, ahora son importados desde China a una empresa que los fabrica bajo las especificaciones particulares de Logix, por otra parte, la empresa importa una parte de los componentes a ensamblar y coordina el proceso desde una oficina en San Diego, California.(*Informática. Revista de computación, hardware y software*, 1991)

Ahora bien, la empresa trasnacional con actividades descentralizadas y amplios flujos de comercio intrafirma, ha creado en México una base productiva y ha desarrollado actividades inclusive de I&D que las colocan en una posición diferente a las empresas nacionales. Estas últimas, ademas, están en posición de proveedores de partes de las firmas trasnacionales o son receptores de tecnologías creadas originalmente por aquéllas empresas.

Durante la década de 1980, y a lo largo de la presente, diversas empresas trasnacionales establecieron una base manufacturera de importancia: AT&T ha establecido

tres plantas, una que produce fuentes de poder, otra que manufactura sistemas de cómputo y equipo periférico, así como una en Guadalajara que produce bienes de consumo como máquinas telefónicas contestadoras para uso residencial, además de promover varios proyectos de maquila en el país. Digital Equipment estableció, por su parte, la primera planta manufacturera en 1978, con una capacidad productiva orientada tanto al mercado nacional como a las exportaciones, que en 1990 fueron de 26 millones de dólares; esta empresa, para el mismo año, realizó una inversión de aproximádamente 1.6 millones de dólares en investigación y desarrollo. Olivetti, durante la década pasada siguió un camino similar: en 1981 estableció su primera planta de manufactura de máquinas de escribir electrónicas y en 1985 estableció su primera planta manufacturera de computadoras en México. Podríamos señalar a otras dos grandes firmas: IBM y Hewlett Packard como empresas con una creciente actividad productiva en el país que ya incluye trabajos de investigación y desarrollo en algunos casos. (*RED*, 1991, varios números; *Personal Computing México*, 1991, varios números).

Ahora bien, como veremos más adelante, las firmas trasnacionales son las de mayor importancia en ventas locales y en exportaciones, poseen además mayor experiencia en el mercado tanto a nivel nacional como a nivel internacional. En una buena proporción las empresas que figuran en la base de datos que a continuación expongo tienen origen trasnacional.

3. MARCO DE ANALISIS EMPIRICO

El trabajo empírico realizado se concentra en una muestra de empresas cuya actividad está centrada en el sector. Se emplea una muestra de empresas -y no una magnitud más agregada-, porque el modelo teórico arriba expuesto, así como el original de Romer, presentan una fuerte fundamentación microeconómica, donde se describe el

comportamiento de la firma representativa y a partir del cual se llega a establecer una ruta de crecimiento.

En este sentido, el objetivo de realizar un análisis al nivel de las firmas se relaciona con el fundamento mismo del modelo, de tal forma que permita hacer una evaluación del proceso de crecimiento económico del sector a estudiar.

Para seleccionar al conjunto de empresas que más adelante se enlistan, fue necesario revisar un amplio conjunto de fuentes que potencialmente podrían ofrecer variables aproximadas al modelo teórico. Finalmente, se decidió constuir la base de datos a partir de la lista de empresas ofrecida por la revista *Expansión* para el caso de la ecuación (9), salvo la variable M, stock de imitaciones, la cual tiene como fuentes las revistas *Personal Computing México* y *PC Semanal*. Para la construcción de la ecuación (10), se utilizará alguna información de la *Encuesta sobre Centros de Investigación y Desarrollo. Programa de Cooperación Regional en Informática y Microelectrónica*, PNUD-INEGI (1991) contenido en *La Situación de la Informática en México*, INEGI (1992).

En el caso de la construcción de la ecuación (10) correspondiente a la función de producción en investigación y desarrollo para imitar, también se toma como unidad básica el centro de investigación y no la actividad agregada.

Las fuentes arriba citadas parecen ser las más pertinentes en la medida que permiten hacer seguimientos con base en la información proveniente de las firmas y no de fuentes secundarias. Por una parte, el trabajo de *Expansión* "Las 500 empresas más grandes de México" es una fuente con amplia experiencia en la realización de esa encuesta, en la que si bien no siempre figuran las principales empresas, lo cierto es que sí abarca buena parte de ellas, además, como se trata de un reporte anual, permite advertir consistencia y constancia en el trabajo. Las revistas *Personal Computing México y PC*

Semanal, como publicaciones periódicas dedicadas al tema analizado, son guías confiables para documentar la presentación de nuevos productos en México debido a que una buena parte de su espacio está dedicado a la explicación técnica y económica de los productos introducidos en el mercado nacional. La fuente PNUD-INEGI (1991) contenida en INEGI (1992), también presentan información de primera mano recopilada en los centros de I&D, además de que son las únicas fuentes capaces de ofrecer información a ese nivel.

4. EL MODELO OBSERVABLE

Lo que sigue a continuación, se refiere sólo al caso de una economía imitadora, en particular al de las industrias informática y de telecomunicaciones en México, sin considerar al país innovador, que en principio pueden ser los Estados Unidos.

Hasta aquí considero necesaria una precisión. En última instancia, es necesario conocer únicamente la ecuación (17), sin embargo, como ella depende de los coefientes de las ecuaciones (9) y (10), se necesitan entonces estimar tales coeficientes para poder llegar a alguna conclusión empleando la ecuación (17).

a) La función de producción para bienes finales

La ecuación a desarrollar en un primer experimento será únicamente la función de producción (9) con una aplicación para el caso de 17 empresas de las industrias informática y de telecomunicaciones en México para los años de 1992 y de 1993.

Para construir el modelo observable, basado en la función (9) es necesario señalar, primero, que no se trata de una ecuación lineal, sino que más bien presenta convexidades. Es necesario, entonces, linealizarla para poder efectuar una regresión mediante mínimos cuadrados ordinarios.

Así, partiendo de (9):

$$Q_m(t) = H_{qm}^{\alpha}(t)L_m^{\beta}(t)K_m^{\gamma}(t)M^{\chi}(t);$$
$$\alpha+\beta+\gamma+\chi=1$$

Aplicando logaritmos en ambos miembros de la expresión, de tal forma que obtengamos una ecuación lineal en todos sus parámetros.

$$\log Q_m = a + \alpha \log H_{qm}(t) + \beta \log L_m(t) + \gamma \log K_m(t) + \chi \log M(t) + u \qquad (9.a)$$

$$\alpha+\beta+\gamma+\chi=1$$

Las variables involucradas, entonces, serán presentadas como el logaritmo de la varible y será una ecuación aditiva siguiendo las propiedades de los logaritmos. En adelante, debido a que se trata de un modelo de corte transversal podemos omitir el argumento temporal.

Aun cuando se trata de un modelo de crecimiento, es posible realizar un modelo econométrico de corte transversal porque la naturaleza de las hipótesis planteadas más arriba permiten efectuar un estudio de estática comparativa y no tanto un trabajo de serie de tiempo.

Ahora bien las variables, en todos los casos, serán *proxys*, en la medida que no existe información estadística completa que nos permitiera efectuar una especificación correcta.

La variable Q será aproximada por las ventas totales realizadas por cada una de las empresas involucradas en el análisis de corte transversal. Es importante señalar que la principal limitación en este caso, es que la ventas incluyen además de los pagos por servicios factoriales, las compras de insumos intermedios, lo cual no está considerado

dentro de este ejercicio, debido a que no ha sido encontrado ningún dato que permita realizar tal deducción. Antes de obtener logaritmos, la variable está medida en miles de nuevos pesos.

La variable H está medida en número de personas. Ha sido aproximada mediante el dato de personal técnico empleado en las empresas. La variable L, en cambio, es personal operativo y administrativo empleado. Está medida también en número de personas.

El stock de capital, K, fue aproximado en este ejercicio de dos maneras: la primera, como el capital contable total de cada una de las empresas; la segunda, como los activos totales de cada firma. En ambos casos se miden en miles de nuevos pesos. Esta aproximación al acervo de capital, aun cuando dista mucho de evaluar el stock físico -que es la idea subyacente en la función de producción-, es la única manera de acercarse con una unidad de medida *común* al problema y tratando de evadir las discusiones sobre la medición del capital. Aquí se presentan los resultados de los ejercicios correspondientes al acervo medido como activos.

La variable M, número de diseños imitados, es una aproximación mediante un conteo del número de productos nuevos imitados introducidos en el mercado mexicano durante 1992. La asignación de los nuevos productos entre las diferentes empresas se realizó de la siguiente forma: se contabilizaron todos los nuevos productos presentados en 1992 por empresa -incluyendo a aquellas que no forman parte de la base de datos- y se subidividieron en tres categorías, computación, redes y telecomunicaciones en la medida que ninguna de las empresas está involucrada en todas las categorías. A las empresas que forman parte de la base de datos se les sumaron tanto los productos nuevos incorporados por ellas mismas, como los de aquellas firmas que no están en la base de datos pero que forman parte de los rubros en que participan. Así, por ejemplo, Hewlett Packard presentó 24 nuevos productos al mercado en 1992 dentro de los rubros de computación y redes y a

ello se le sumaron 150 productos lanzados por empresas que no están en la base de datos aquí presentada pero que incorporaron bienes nuevos en computación y redes.

El razonamiento que lleva a esa asignación es el siguiente: el modelo originalmente presentado por Romer (1990) y el que presento en términos teóricos, incorpora al stock de diseños como el conjunto de posibles bienes a producir, donde todas las empresas están en condiciones de examinar los productos e inspirarse en ellos para generar uno distinto. Es como si se tratara de una caja a la que son enviados los nuevos diseños donde son examinados por todas las empresas, esos diseños las orientan y les permiten producir un bien distinto. Así, las empresas no sólo dependen de lo que ellas hacen, sino de lo que también hacen las demás.

Las variables Q, H, L y K que corresponden a 1992, fueron obtenidas de *Expansión*, agosto 18, 1993 "Las 500 empresas más importantes de México". Las mismas variables correspondientes al año de 1993 corresponden a la misma fuente: *Expansión*, agosto 17, 1994 "Las 500 empresas más importantes de México". El número de diseños imitados, M, fue obtenido de las revistas *Personal Computing México* y *PC Semanal*, correspondientes al año de 1992 y de 1993.

b) La ecuación de investigación y desarrollo

La ecuación de investigación y desarrollo en este caso es la función de producción que describe las actividades de imitación de diseños en el país menos desarrollado. La forma funcional general es la correspondiente a la ecuación (10) en el modelo teórico la cual es lineal en todos sus argumentos, tanto para las variables como para su coeficiente:

$$\dot{M} = \delta_m H_{mm} A + u \qquad (10)$$

Sin embargo, la presente ecuación da cuenta de algunos problemas de especificación que a continuación se explican:

1)*La forma natural que debería corresponder es aquella que resulta de la multiplicación de ambas variables, sin intercepto:*

$$M=\delta_m H_{mm} A+u \qquad (10.1)$$

Pero en este caso, el problema radica en que si bien el producto de ambas variables es estadísticamente significativo, por los resultados de la prueba t, la R^2 correspondiente es muy baja, apenas del 0.13, es decir, que no explica en lo fundamental el *comportamiento de la capacidad imitativa.*

En tal virtud, se experimentó con las siguientes formas funcionales que presentan una R^2 más alta, y son estadísticamente significativas. Los resutlados de estas especificiaciones son presentados más adelante, junto con una discusión sobre la pertinencia de cada especificación particular:

Las especificaciones empleadas son:

$$M=\delta_m H_{mm}+u \qquad (10.2)$$

$$M=C+\delta_m H_{mm}+u \qquad (10.3)$$

$$M=\delta_m H_{mm}+\lambda A+u \qquad (10.4)$$

$$M=C+\delta_m H_{mm} A+u \qquad (10.5)$$

En todos los casos, C expresa una constante arbitraria cualquiera y u expresa el término de perturbación estocástica. En (10.4), lambda expresa el coeficiente respectivo de la variable A.

Las variables han sido medidas de la siguiente forma. El capital humano empleado es una estimación del número de investigadores empleados en cada uno de los veintiocho centros de Investigación y Desarrollo encuestados por INEGI-PNUD durante 1990-1991 (INEGI, 1992), mediante los parámetros y características estadísticas de esa población, señaladas en el sondeo. La variable imitaciones, M, entendida en este caso como el flujo de nuevos diseños imitados, es el número de proyectos en los que cada centro de investigación y Desarrollo estaba involucrado en el momento de la encuesta mencionada. La fuente documental es la misma que para el capital humano, sin embargo, en este caso se realizó un conteo de número de proyectos enlistados por centro de investigación dentro de la misma encuesta.

El número de diseños innovadores es aproximado como el número de artículos científicos publicados durante 1990-1991, en tanto fuente de ideas para imitar desarrollos y propuestas innovadoras. Ahora bien, en la medida que se detectaron diferentes cantidades de proyectos imitativos, M, para cada centro de I&D, se asignó el total de diseños que pudo haber empleado el centro respectivo conforme al tipo de proyectos en que estaba comprometido al momento de la encuesta.

Así, si por ejemplo, el centro Z trabajaba en dos proyectos distintos, digamos multimedia y fotónica, se asignaron, como valores de la variable A, el total de artículos científicos publicados correspondientes a esos temas. La fuente para construir la variable A es el *Science Citation Index* en CD-ROM (1990, 1991). Asmismo, se evaluó la posibilidad de complementar la construcción de la variable con la base de datos *Finder Xpress on Disc* en CD-ROM (1993), sin embargo, esta fue desechada posteriormente, debido a que si bien incluía un número muy alto de artículos sobre cada tema, el problema era que una buena parte de ellos no son de tipo científico sino de divulgación. Esta forma de especificación de la variable que incluye conocimiento, mediante artículos científicos especializados puede verse para un trabajo más acabado y amplio en Adams (1993).

5. LOS MODELOS DE REGRESION

A) La producción de bienes finales

En la medida en que el trabajo empírico es una expresión particular de la generalidad del esquema teórico, aquí se presentan algunas posibilidades correspondientes a la especificación econométrica de la ecuación que representa la producción de bienes finales.

Para el año de 1992 se presentaron dos formas de aproximación a la medición del capital: la primera, mediante el capital contable y la segunda mediante los activos. Se ha considerado que la mejor aproximación es la relativa a los activos debido a que en la forma en que son contabilizados dentro de las empresas es la medición más cercana dentro de los datos empleados, al concepto teórico de capital. Ahora bien, aun cuando el capital contable presenta un buen ajuste en la regresión, el modelo y las variables son significativas, se decidió trabajar exclusivamente con el correspondiente a activos.

El cuadro 1 presenta los valores de la información requerida para el año de 1992, donde se presentan 17 casos de empresas grandes correspondientes al sector de informática y telecomunicaciones en México. El modelo consta entonces de una muestra de 17 casos, con una variable endógena y cuatro varibles exógenas, en la que el producto total, aproximado por las ventas, es función del capital humano total empleado, el trabajo directo y administrativo utilizado, el stock de capital y el acervo de nuevos productos imitados que se incorporaron al mercado durante 1992. En todo momento se trata de un modelo de corte transversal.

Cuadro 1
Variables empleadas, 1992

Empresa	Ventas	K. cantable	Activos	P. técnico	P. op/adm.	Nvos. prod
	Miles N$	Miles N$	Miles N$	No. Pers.	No. Pers.	No. Prods..
Telmex	20704655	30955611	43543636	15126	47899	34
IBM	3177017	586980	1912886	142	2014	171
Ericsson	1515212	369814	1004604	280	3214	79
Xerox	1146590	176649	751780	1769	2442	28
HP	993001	174553	563271	159	779	174
Siemens	952745	275042	599257	514	1821	133
Telnoro	667737	612191	942512	318	1009	34
Unisys	550000	113000	310000	450	300	51
NCR	305828	61479	192233	207	144	158
Latincasa	274497	251668	329215	167	476	49
Conelec	233884	142318	183377	101	314	49
Olympia	165993	120218	184072	228	953	104
Cocelocc	85839	82616	168284	39	110	27
Rolm	56225	11134	38895	25	35	100
Transdata	49814	4822	21130	25	20	109
Logi Dig	26536	2538	12660	20	176	104
Dataprod	19866	1842	9155	13	84	108

FUENTES: COLUMNAS 1 A 6 *EXPANSIóN*. "LAS 500 EMPRESAS MAS IMPORTANTES DE MEXICO." AGOSTO 18, 1993. LA COLUMNA 7 SE OBTUVO DE LAS REVISTAS *PERSONAL COMPUTING MEXICO Y PC SEMANAL* CORRESPONDIENTES AL AÑO DE 1992.

El cuadro 2 presenta la información empleada para el modelo en términos de logaritmos. Esto es, la base de datos que consta de Q, K -como capital contable-, H, L y M fue transformada a logaritmos para linealizarla. Corriendo el modelo, se obtuvieron los

siguientes resultados que se anotan en el cuadro 3. Con estos resultados tenemos una estructura estimada perteneciente al modelo expresada por la siguiente ecuación de regresión:

$$\log Q=0.1727+0.7757 \log K+0.1596 \log H+ 0.0145\log L+ 0.4594\log M \qquad (9.b)$$

Hay dos cuestiones importantes en este punto, la primera es que la R^2 como medida de las variaciones ocurridas en la variable endógena explicadas por la regresión es alto. Esto es, el 97% en las variaciones de Q, están explicadas por el modelo de regresión.

La segunda cuestión, es que la suma de los coeficientes estimados es 1.4092328 como el resultado de la suma de α, β, χ, γ. Lo cual, si es posible demostrar que los estimadores obtenidos por *mínimos* cuadrados ordinarios son los mejores estimadores lineales insesgados, permite señalar que en esta industria son importantes los rendimientos crecientes a escala y no tanto los rendimientos constantes como lo expresaría la función tipo Cobb-Douglas.

Para el modelo en su conjunto, tenemos que la prueba de hipótesis con el estadístico F calculado y para α=0.05 y para α=0.01 obtenido en tablas nos indica que el conjunto de variables incluidas son significativas.

El estadístico F calculado es =114.1718; en tablas, mientras tanto, es F(0.05,4,12)=3.26 y F(0.01,4,12)=5.41, podemos decir que el modelo en su conjunto es significativamente diferente de cero y rechazamos la hipótesis nula.

Para cada variable, realizando la prueba con el estadístico T=2.179 con α=0.025, tenemos que son significativamente distintas de cero las variables K y M, mientras que no lo son, es decir aceptamos la hipótesis nula, para las variables H y L. Esto es, que las variables estadísticamente significativas son el capital físico y el acervo de diseños imitados.

Una primera implicación de esto, es que la variable *proxy* al producto de las firmas dependería esencialmente de su capacidad para incrementar el acervo de capital y el flujo de nuevos productos lanzados al mercado, mientras que el trabajo en términos de capital humano y operativo no parece ser estadísticamente significativo como determinante de la magnitud del producto.

En este punto quizá es necesario detenerse en una breve reflexión: la forma en que se aproxima el presente esfuerzo a las variables dependiente e independiente dista, en ocasiones sustancialmente, de la definición teórica. Por ejemplo, el caso del capital humano comprendido como el aporte técnico-intelectual a los procesos productivos, es decir, como una fracción altamente calificada de la fuerza de trabajo posiblemente no esté empíricamente definida en forma correcta. La fuente consultada da cuenta de una cantidad de empleo técnico, generalmente minoritario dentro de las empresas, y si bien dentro del universo de fuentes revisadas puede ser lo más cercano, no necesariamente representa el concepto teórico. Una posible explicación de la no relevancia estadística de la variable pudiera residir en la forma de aproximación empírica.

El presente ejercicio, debido a que se efectúa como un análisis de corte transversal, no presenta condiciones para pensar que pueda exhibir autocorrelación serial, como es el caso de un modelo en series de tiempo.

Existen dos evidencias que permiten considerar la no presencia de multicolinealidad, es decir, de correlación entre las variables independientes. La primera evidencia puede encontrarse en el cuadro 3, donde el error estándar asociado con las variables independientes es pequeño en el sentido de que son cercanas a cero -el mayor es 0.144-. La segunda evidencia la podemos encontrar en el cuadro cuatro en su parte dos, donde la correlación entre variables independientes es aparentemente más baja que la correspondiente a la correlación entre variables dependiente con independientes.

Cuadro 2
Variables logarítmicas, 1992

Empresa	Ventas	Activos	P. Técn.	P.ope/adm.	Nvos. Prods.
TELMEX	16.84586	17.58927	9.624170	10.77664	3.526360
IBM	14.97145	14.46412	4.955827	7.607878	5.1416663
Ericsson	14.23106	13.82010	5.634789	8.075271	4.369447
Xerox	13.95230	13.53019	7.478169	7.800572	3.332204
HP	13.80848	13.24151	5.068904	6.658011	5.159055
Siemens	13.76710	13.30344	6.242223	7.507141	4.890349
Telnoro	13.41164	13.75630	5.762051	6.916715	3.526360
Unisys	13.21767	12.64432	6.109247	5.703782	3.931825
NCR	12.63077	12.16646	5.332718	4.969813	5.062595
Latincasa	12.52269	12.70446	5.117993	6.165417	3.891820
Conelec	12.36258	12.11929	4.615120	5.749392	3.891820
Olympia	12.01970	12.12308	5.429345	6.859614	4.644390
Cocelocc	11.36022	12.03340	3.663561	4.700480	3.295836
ROLM	10.93711	10.56862	3.218875	3.555348	4.605170
Transdata	10.81605	9.958449	3.218875	2.995732	4.691347
Logi Dig	10.18625	9.446202	2.995732	5.170483	4.644390
Dataprod	9.122055	9.122055	2.564949	4.430816	4.682131

FUENTE: ELABORACION PROPIA CON BASE EN EL CUADRO 1.

Es muy posible que un modelo de corte transversal presente heteroscedasticidad, es decir, que la varianza del término de perturbación estocástica no sea finita y constante, violándose con ello el supuesto de homoscedasticidad.

CUADRO 3
Resultados de la regresión mediante mínimos cuadrados.
Producción de bienes finales
Base logarítmica, 1992

Variable dependiente: Q
Número de observaciones: 17

Variable	Coeficiente	Std. Error	T-stat	2-tail sig
C	0.1726993	1.0583103	0.1631840	0.873
L	0.0145233	0.1093051	0.1328694	0.896
K	0.7757106	0.1106270	7.0119469	0.000
M	0.4594001	0.1447883	3.1729090	0.008
H	0.1595988	0.1215940	1.3125546	0.214

R-squared	0.974397	Mean of dependent variable	12.76105
Adj. R squared	0.965862	S.D. of dependent variable	1.812812
S.E. of regression	0.334943	Sum of squared resid.	1.346244
Durbin Watson	1.664680	F-stat.	114.1718
Log. likelihood	-2.566850		

FUENTE: REGRESIÓN REALIZADA CON BASE EN EL CUADRO 2, CON EL PAQUETE ECONOMETRICO TSP.

La gráfica correspondiente, no exhibida aquí, presenta la distribución de los residuos, la cual aparentemente no presenta algún patrón sistemático. Ello podría indicar que no se presenta heteroscedasticidad. Sin embargo, se realizaron dos pruebas adicionales para detectar el problema: las pruebas Goldfeld-Quandt y la prueba de Bartlett (Pindyck. y Rubenfield, 1981, cap. 6).

La primera prueba consiste en dividir la muestra en dos partes iguales, en este caso se dividió en dos partes de ocho elementos cada una y se excluyó la muestra número 9. En cada experimento se obtiene un error estándar de la regresión (EER): para la primera submuestra fue de 0.284557 y en la segunda, 0.309416. El EER_2/EER_1 genera un estadístico F calculado, en este caso de 0.9196 que se somete a prueba de hipótesis con la F de tablas al 5% correspondiente, la cual es de 3.79. Si la F calculada es menor a la F de tablas aceptamos la hipótesis nula que expresa la no presencia de heteroscedasticidad (Pindiyck y Rubenfield, 1981).

En segundo lugar se efectuó la prueba de Bartlett, la cual consiste en dividir la muestra en dos o más grupos -no necesariamente del mismo tamaño cada uno-. A cada grupo se le asocia un estimador de la varianza poblacional: $s^2=(1/N_g)\ S(Y-Y)^2$ y posteriormente se calcula el estadístico S:

$$S=-[N\log(SN_g/Ns^2_g)-SN_g\log s^2_g]/\{1+[1/3(G-1)][S1/N_g-1/N]\}$$

Donde N_g es el número de observaciones incluidas en cada grupo, N es el tamaño total de la muestra, G es el número de grupos.

Ahora, obteniendo el estadístico S se diseña una prueba de hipótesis a comparar con el estadístico χ^2: si S es menor que el estadístico de tablas, ji-cuadrado, entonces aceptamos la hipótesis nula de homoscedasticidad.(Pindyck y Rubenfield, 1981)

En el caso concreto del ejercicio aquí expuesto, la muestra se dividió en dos grupos, el primero de nueve elementos y el segundo de ocho. Los estimadores s^2 asociados son: 0.038705667, el primero, y el segundo de 0.03036475. El estadístico S es 0.033807563, que comparado con el estadístico ji-cuadrado de tablas al 5%, es de 3.841, por tanto podemos considerar que se acepta la hipótesis nula de homoscedasticidad.

Las dos pruebas nos presentan la no presencia de heteroscedasticidad. A reserva de posteriores revisiones, podemos considerar que los coeficientes asociados con las variables que forman parte del análisis son aceptables estadísticamente como para emplearlos en evaluaciones posteriores.

Para el año de 1993, el ejercicio se realizó exclusivamente con la aproximación al capital correspondiente a activos. Las empresas incluidas en este caso son 19 y están presentadas en el cuadro 5. En el cuadro 6 se presentan los valores en términos de logaritmos.

Cuadro 4
Estadísticos y matriz de covarianza del modelo de regresión
1992

Series	Mean	S.D.	Maximum	Minimum
Q	12.761046	1.8128122	16.845870	9.8967502
H	5.1195622	1.7603217	9.6241700	2.5649490
K	12.505373	2.0454238	17.589270	9.1220550
M	4.3109865	0.6432100	5.15905550	3.2958370
L	6.2143131	1.8963065	10.776850	2.9957320
			Covariance	Correlation
Q,Q			3.0929771	1.0000000
Q,H			2.6755682	0.8908408
Q,K			3.4029463	0.9750972
Q,M			-0.2067880	-0.188429
Q,L			2.8964270	0.8952208
H,H			2.9164540	1.0000000
H,K			3.0487032	0.8996400
H,M			-0.4238502	-0.397737
H,L			2.7480706	0.8746492
K,K			3.9376552	1.0000000
K,M			-0.4043804	-0.326575
K,L			3.2822045	0.8990891
M,M			0.3893287	1.0000000
M,L			-0.2989899	-0.260449
L,L			3.3844502	1.0000000

FUENTE: REGRESION REALIZADA CON BASE EN EL CUADRO 2 CON EL PAQUETE ECONOMETRICO TSP.

El modelo de regresión obtenido por mínimos cuadrados se presenta en el cuadro 7. Destaca en este caso que las variaciones de la variable dependiente son explicadas en un 95% por el modelo de regresión. Tenemos, por el estadístico F, que el modelo en su conjunto es estadísticamente significativo y, por otro lado, que por el estadístico T, las variables significativas son únicamente el capital físico y el acervo de diseños, el resto de las variables no tienen relevancia estadística. Recuérdese que se repite la situación del caso correspondiente a 1992.

Sin embargo, es importante subrayar que la mano de obra presenta un coeficiente con signo negativo, lo cual podría interpretarse como una relación inversa frente al producto de la industria.

Cuadro 5
Variables empleadas, 1993

Empresa	Ventas Miles N$	Activos Miles N$	P. Técn. No. pers.	P.ope/adm. No. pers.	Nvos. Prods. No. prods.
Telmex	24601560	52901811	14916	48020	16
IBM	3332719	1878367	409	1227	187
Condumex	2614774	2685408	5292	5507	77
HP	1362285	752015	648	278	210
Ericsson	1357027	1138452	286	3291	17
Xerox	1212030	961817	966	2897	138
Siemens	950815	683442	407	1626	135
Latincasa	250857	374644	174	582	79
Conelec	234892	186590	83	332	75
NCR	233173	163775	205	125	46
Olivetti	223474	211017	130	659	36
Olympia	159579	165861	114	1022	130
Microsoft	128785	13767	30	68	178
Seyconm	84871	30255	340	2491	138
Telemecan	68366	77919	30	225	15
Rolm	51750	25745	35	25	17
Pentamex	49368	43013	43	39	15
Transdata	43307	22588	35	20	48
Microtec	16518	8374	39	11	125

FUENTES: COLUMNAS 1 A 5 *EXPANSIóN*. "LAS 500 EMPRESAS MAS IMPORTANTES DE MEXICO." AGOSTO 17, 1994. LA COLUMNA 6 SE OBTUVO DE LAS REVISTAS *PERSONAL COMPUTING MEXICO Y PC SEMANAL* CORRESPONDIENTES AL AÑO DE 1993.

Cuadro 6
Variables logarítmicas, 1993

Empresa	Ventas	Activos	P. Técn.	P.ope/adm.	Nvos. Prods.
Telmex	17.01832	17.78394	10.77937	9.610189	2.772588
IBM	15.01929	14.44591	6.013715	7.112327	5.231108
Condumex	14.77668	14.80334	8.573951	8.613775	4.343805
HP	14.12467	13.53051	6.473890	5.627621	5.347107
Ericsson	14.12080	13.94518	5.655991	8.098946	2.833213
Xerox	14.00780	13.77657	6.873163	7.971430	4.927253
Siemens	13.76507	13.43489	6.008813	7.393878	4.905274
Latincasa	12.43263	12.83373	5.159055	6.366470	4.369447
Conelec	12.36688	12.13666	4.418840	5.805134	4.317488
NCR	12.35953	12.00624	5.323009	4.828313	3.828641
Olivetti	12.31705	12.25969	4.867534	6.490723	3.583518
Olympia	11.98029	12.01890	4.736198	6.929516	4.867534
Microsoft	11.76589	9.530029	3.401197	4.219507	5.181783
Seyconm	11.34888	10.31741	5.828945	7.820439	4.927253
Telemecan	11.13263	11.26342	3.401197	5.416100	2.708050
Rolm	10.85417	10.15599	3.555348	3.218875	2.833213
Pentamex	10.80705	10.66925	3.761200	3.663561	2.708050
Transdata	10.67606	10.02517	3.555348	2.995732	3.871201
Microtec	9.712205	9.032886	3.663561	2.397895	4.828313

FUENTE: ELABORACION PROPIA CON BASE EN EL CUADRO 5.

Por la magnitud del error estándar asociado con las variables y por las correlaciones presentadas en el cuadro 8, podemos considerar que no hay presencia de multicolinealidad. Sin embargo, se encontró presencia de heteroscedasticidad al efectuarse

la prueba de Bartlett y rechazarse la hipótesis nula de homoscedasticidad -previamente, con la prueba de Goldfeld-Quandt, no se había detectado-.

Una forma posible de correción del problema es mediante el empleo de mínimos cuadrados ponderados (*weighted*), lo cual implica minimizar la siguiente expresión general:

$$\Sigma\{[Q_i - a - BX_i]/\sigma_i\}^2$$

Al correrse el modelo a través del método de mínimos cuadrados ponderados, y al realizarse las pruebas de heteroscedasticidad correspondientes, se detectó mediante la prueba de Bartlett que nuevamente se presentó el problema.

Cuadro 7
Resultados de la regresión mediante mínimos cuadrados.
Producción de bienes finales
Base logarítmica, 1993

Variable dependiente: Q
No. de observaciones: 19

Variable	Coefficient	Std. error	T-stat	2-Tail sig.
C	1.6502918	1.1129303	1.4828348	0.160
H	0.0724665	0.1364250	0.5311818	0.604
K	0.7814487	0.1274712	6.1303943	0.000
L	-0.0126431	0.1010430	-0.1251255	0.902
M	0.2608725	0.1187218	2.1973429	0.045

R-Squared	0.951938	Mean of dependent var	12.66242
Adjusted R-squared	0.938207	S.D. of dpendent var.	1.845974
S.E. of regression	0.458877	Sum of squared resid.	2.947957
Durbin-Watson	2.283211	F-statistic	69.32334
Log likelihood	-9.258231		

FUENTE: REGRESION EFECTUADA CON BASE EN EL CUADRO 6, EMPLEANDO EL PAQUETE ECONOMETRICO TSP.

En tal virtud, lo que podemos pensar acerca de los coeficientes correspondientes al modelo de 1993, es que hay evidencia sobre el hecho de que no son los mejores estimadores lineales insesgados. Por el momento, cuando menos, sólo podemos emplear, con mayor confiabilidad los estimadores correspondientes al año de 1992.

Se efectuó, por otro lado, un experiemento final -ver cuadro 9- donde se corrió una regresión en la que se emplearon los datos de los modelos correspondientes a 1992 y 1993 simultáneamente. Esto es, se corrió una última regresión de 36 observaciones, en la que se incluyó la información correspondiente a ambos años. Los resultados de la regresión no son sustancialmente distintos a los dos experimentos previamente realizados: siguen siendo estadísticamente significativas las variables correspondientes a los diseños imitados y al stock de capital, mientras no lo son el trabajo directo y el capital humano. La prueba F da cuenta de que el modelo en su conjunto es estadísticamente significativo.

Cuadro 8

Estadísticos y matriz de covarianza del modelo de regresión

1993

Series	Mean	S.D.	Maximum	Minimum
Q	12.662416	1.8459742	17.018320	9.71220.50
H	5.3710697	1.9085126	10.779370	3.4011970
K	12.314195	2.1716840	17.783940	9.0328860
L	6.0305490	2.0565331	9.6101890	2.3978950
M	4.1255179	0.9588166	5.3471070	2.7080500

	Covariance	Correlation
Q,Q	3.2282723	1.0000000
Q,H	2.9810915	0.8931733
Q,K	3.6646237	0.9649131
Q,L	2.9558300	0.8218626
Q,M	0.1178461	0.0702806
H,H	3.4507140	1.0000000
H,K	3.5208657	0.8966829
H,L	3.0465105	0.8193190
H,M	0.0696577	0.0401809
K,K	4.4679899	1.0000000
K,L	3.5158874	0.8309669
K,M	-0.1440325	-0.0730146
L,L	4.0067322	1.0000000
L,M	0.1465542	0.0784527
M,M	0.8709434	1.0000000

FUENTE: REGRESION EFECTUADA CON BASE EN EL CUADRO 6, EMPLEANDO EL PAQUETE ECONOMETRICO TSP.

Ofrece una R^2 relativamente alta: 0.957632, pero los valores correspondientes a los coeficientes no son sustancialmente más altos en relación con los ejercicios correspondientes a 1992. (Ver cuadro 9)

Cuadro 9
Resultados de la regresión mediante mínimos cuadrados.
Producción de bienes finales
Base logarítmica, 1992 y 1993 simultáneamente

Variable dependiente: Q
No. de observaciones: 36

Variable	Coefficient	Std. error	T-stat	2-Tail sig
C	1.4611731	0.8007681	1.8247144	0.078
H	0.1683553	0.0942551	1.7861666	0.084
K	0.7617969	0.0895584	8.5061477	0.000
L	-0.0353169	0.0646496	-0.5462821	0.589
M	0.2595228	0.0868550	0.9880000	0.005

R-Squared	0.956412	Mean of dependent var	12.68747
Adjusted R-squared	0.950787	S.D. of dpendent var.	1.843489
S.E. of regression	0.408958	Sum of squared resid.	5.184649
Durbin-Watson	1.935845	F-statistic	170.0499
Log likelihood	-16.20108		

FUENTE: REGRESION EFECTUADA CON BASE EN LOS CUADROS 6 Y 2, EMPLEANDO EL PAQUETE ECONOMETRICO TSP. EN ESTE CASO, LAS BASES DE DATOS SE AGREGARON EN UNA SOLA MUESTRA DE 36 ELEMENTOS.

Es importante destacar que en este caso se realizaron las pruebas de multicolinealidad y heteroscedasticidad correspondientes, siguiendo una metodología similar a la de los casos anteriores sin haberse detectado ninguno de ambos problemas. No podemos esperar la existencia de autocorrelación serial.

B) El modelo de Investigación y Desarrollo

El modelo de investigación y desarrollo ya fue expuesto en lo general en páginas anteriores, y fue planteada la necesidad de analizar en primera instancia desde cuatro diferentes especificaciones la función que relaciona insumos de diseño, A, con capital humano empleado en ese sector, para producir diseños imitados.

Cuadro 10
Modelo de Investigación y Desarrollo

Observacion	Diseños M	Diseños A	Capital humano H	Innovaciones por cap. humano
1	1.	140	5.	70
2	5	189	30	5670
3	2	186	10	1860
4	1	65	4	260
5	3	350	17	5950
6	2	143	9	1287
7	5	283	27	7641
8	4	151	21	3171
9	2	31	10	310
10	1	207	5	1035
11	1	65	5	325
12	1	207	4	828
13	3	238	14	3332
14	4	236	18	4248
15	1	1	3	3
16	1	129	10	1290
17	3	225	26	5850
18	2	100	15	1500
19	3	111	29	3219
20	2	136	20	2720
21	5	254	35	8890
22	3	154	13	2002
23	2	65	8	520
24	5	30	27	810
25	1	31	6	186
26	3	174	15	2610
27	1	7	6	42
28	4	309	21	6489

FUENTE: COLUMNAS 1, 2 Y4 INEGI (1992). *LA SITUACION DE LA INFORMATICA EN MEXICO.* COLUMNA 3 *SCIENCE CITATION INDEX, 1990 Y 1991.* VERSION EN CD-ROM. COLUMNA 5, CALCULOS PROPIOS MULTIPLICANDO LAS COLUMNAS 3 Y 4.

El cuadro 10 presenta la lista de los 28 centros de investigación y desarrollo que forman parte de la muestra, la primera columna expresa el número de proyectos de investigación en los que estaba comprometido cada centro en el momento de la encuesta, la segunda columna expresa el número de diseños innovadores contabilizados a partir de un conteo de artículos especializados, la tercera columna da cuenta del número de investigadores empleados en cada centro, y la cuarta columna expresa el producto de las variables capital humano y diseños innovadores.

Cuadro 11
Resultados de la regresión 1
Modelo de Investigación y Desarrollo

Variable dependiente: M
No. de observaciones: 28

Variable	Coefficient	Std. error	T-stat	2-Tail sig
C	1.4026948	0.2439074	5.7509313	0.000
AH	0.0004399	0.0000068	6.4768632	0.000

R-Squared	0.617364	Mean of dependent var	2.535714
Adjusted R-squared	0.602648	S.D. of dpendent var.	1.426785
S.E. of regression	0.899386	Sum of squared resid.	21.03130
Durbin-Watson	1.820717	F-statistic	41.94976
Log likelihood	-35.72358		

FUENTE: REGRESION ELABORADA CON BASE EN LOS DATOS CORRESPONDIENTES AL CUADRO 10.

Se señaló más arriba que una primera regresión simple con base en la especificación funcional sugerida por la teoría proporcionaba un ajuste poco satisfactorio. De ahí la necesidad de experimentar con algunas formas alternativas en las que permanecen las ideas centrales de la teoría.

La primera especificación a analizar, con base en la pertinencia que pueda presentar, es la correspondiente a la expresión (10.5) propuesta más arriba. Esta da cuenta de una F estadística que permite admitir al modelo como estadísticamente significativo, la T permite considerar que la variable AH, como producto de la innovación y el capital humano empleado en investigación y desarrollo tienen relevancia estadística. Sin embargo, el valor del coeficiente asociado a la variable es muy bajo, y la R^2 da cuenta de un ajuste satisfactorio en proporción modesta.

Debido a que se trata de un modelo con una variable no hay posibilidad de multicolinealidad y debido a que se trata de un estudio de corte transversal tampoco puede presentarse la autocorrelación serial. Queda por evaluar la presencia de heteroscedasticidad.

Cuadro 12
Estadísiticos y matriz de covarianza correspondientes al modelo de Investigación y Desarrollo

Series	Mean	S.D.	Maximum	Minimum
M	2.5357143	1.4267846	5.0000000	1.00000000
A	146.10714	97.046129	350.00000	1.0000000
H	14.750000	9.3318451	35.000000	3.0000000
AH	2575.6429	2548.4578	8890.0000	3.0000000

	Covariance	Correlation
M,M	1.9630102	1.0000000
M,A	71.228316	0.5334704
M,H	11.491071	0.8950120
M,AH	2754.9413	0.7857254
A,A	9081.5957	1.0000000
A,H	420.56250	0.4815918
A,AH	195280.75	0.8188381
H,H	83.973214	1.0000000
A,AH	18698.482	0.8153718
AH,AH	6262685.6	1.0000000

FUENTE: REGRESION ELABORADA CON BASE EN LOS DATOS CORRESPONDIENTES AL CUADRO 10.

Cuadro 13
Resultados de la regresión 2
Modelo de Investigación y Desarrollo

Variable dependiente: M
No. de observaciones: 28

Variable	Coefficient	Std. error	T-stat	2-Tail sig
H	0.1621462	0.0075580	21.453570	0.000

R-Squared	0.763084	Mean of dependent var	2.535714
Adjusted R-squared	0.763084	S.D. of dpendent var.	1.426785
S.E. of regression	0.694473	Sum of squared resid.	13.02191
Durbin-Watson	0.693412		
Log likelihood	-29.01228		

FUENTE: REGRESION ELABORADA CON BASE EN LOS LOGARITMOS CORRESPONDIENTES LOS DATOS CONTENIDOS EN EL CUADRO 10.

Para realizar tal evaluación se efectuaron las dos pruebas ya mencionadas arriba: Goldfeld-Quandt y de Bartlett. Para realizar la primera prueba, en todos los casos, se excluyeron las observaciones 14 y 15 y se dividió en dos grupos de 13 observaciones cada

una. En el caso de la segunda la muestra se dividió en cuatro grupos de siete elementos cada uno.

Para el caso de la primera prueba se obtuvo una F calculada de 1.5645, contra una F de tablas al 5% de 4.16. Por tanto, podemos aceptar la hipótesis nula de ausencia de heteroscedasticidad.

La segunda prueba presentó la estimación de un estadístico S=3.8388, contra un estadístico ji-cuadrada de tablas al 5% con tres grados de libertad de 7.81 Por tanto, aceptamos la hipótesis nula de homoscedasticidad. Tenemos que los estimadores pueden considerarse relativamente confiables, cuando menos con las pruebas realizadas hasta aquí.

Cuadro 14
Resultados de la regresión 3
Modelo de Investigación y Desarrollo

Variable dependiente: M
No. de observaciones: 28

Variable	Coefficient	Std. error	T-stat	2-Tail sig
C	0.5172932	0.2322466	2.2273444	0.035
H	0.1368421	0.0133746	10.231510	0.000

R-Squared	0.801046	Mean of dependent var	2.535714
Adjusted R-squared	0.793394	S.D. of dpendent var.	1.426785
S.E. of regression	0.648529	Sum of squared resid.	10.93534
Durbin-Watson	0.942402	F-statistic	104.6838

FUENTE: REGRESION ELABORADA CON BASE EN LOS DATOS CORRESPONDIENTES AL CUADRO 10.

La especificación (5.10), si bien incluye un término constante C como ordenada al origen que no está presente en la propuesta original del modelo teórico no influye decisivamente en cuanto a la proporcionalidad en que crecen los diseños y los factores, por una parte, y mantiene la presencia de los dos insumos en términos de factores multiplicativos y no en términos aditivos o en ausencia de algún insumo.

Cuadro 15
Resultados de la regresión 4
Modelo de Investigación y Desarrollo

Variable dependiente: M
No. de observaciones: 28

Variable	Coefficient	Std. error	T-stat	2-Tail sig
H	0.1377386	0.0135083	10.196616	0.000
A	0.0028574	0.0013447	2.1249688	0.043

R-Squared	0.798141	Mean of dependent var	2.535714
Adjusted R-squared	0.790378	S.D. of dpendent var.	1.426785
S.E. of regression	0.653247	Sum of squared resid.	11.09501
Durbin-Watson	0.896443	F-statistic	102.8031
Log likelihood	-26.77035		

Los cuadros 13 y 14, en lo fundamental presentan que el flujo de nuevos diseños es una función exclusivamente del capital humano, sin considerar el acervo de diseños innovadores. En ambos casos, lo que tenemos es que la producción depende de un sólo factor, el más explicativo del comportamiento de la variable dependiente con una R^2 alta en ambos casos, una T estadística que permite pensar en que la variable independiente es significativa estadísticamente y donde el modelo en su conjunto es también estadísticamente relevante.

Al efectuarse las pruebas Goldfeld-Quandt y Bartlett no se detectó la presencia de heteroscedasticidad que en modelos univariables de corte transversal sería el principal problema a enfrentar.

Sin embargo, la especificación en sí misma no parece completamente satisfactoria, debido a que en el centro del planteamiento teórico está presente la idea de que en la creación de diseños imitados participan diseños innovadores, lo cual no está considerado en el problema.

Finalmente, el cuadro 15 presenta los resultados de una especificación donde tenemos al insumo diseños y al factor capital humano produciendo diseños imitados pero se presentan en forma separada. La especificación (10.4) da cuenta de que ambos factores participan en la producción de diseños imitados como factores aditivos, lo cual no entra en la idea central del análisis teórico porque ello llevaría a un segundo problema: cómo sería posible interpretar el coeficiente lambda asociado con la variable A y, además, el coeficiente delta asociado con la productividad del capital humano sólo puede entenderse en el contexto de su interacción con el stock de diseños nuevos.

Esta última idea excluye por tanto las posibilidades de admitir al coeficiente delta derivado de las expresiones (10.2) y (10.3) analizados en los párrafos anteriores por los cuadros 13 y 14, debido a que ese coeficiente se construye en ausencia del insumo que le permite generar mayor o menor capacidad productiva.

Sin embargo, el cuadro 15 presenta los resultados del modelo de regresión basado en la ecuación (10.4). Da cuenta de un alto ajuste, una F estadística significativa, un estadístico T más relevante para el capital huamno que para el stock de diseños nuevos. Los errores estándar son cercanos a cero, y por la matriz de correlación presentada en el cuadro 11 podemos considerar que no se presenta multicolinealidad. Las pruebas ya mencionadas arriba permiten suponer que no hay heteroscedasticidad. Los coeficientes del modelo parecen ser confiables; sin embargo, esta especificación no será la más utilizada en el resto del trabajo.

En lo que sigue, se analizarán los resultados con base en dos especificaciones: una correspondiente a la ecuación (10.2) y otra correspondiente a la ecuación (10.5). La que puede considerarse como la especificación pertinente es la última, pero la primera puede ser útil para contrastar algunas ideas e hipótesis.

IV. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS. CONCLUSIONES

IV. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS. CONCLUSIONES

En las páginas que siguen se presentan algunas evaluaciones preliminares sobre los resultados y la interpretación de las regresiones, la posibilidad de analizar esos resultados en relación con las hipótesis originalmente planteadas y algunas indicaciones generales sobre las posibilidades, así como los límites correspondientes a la capacidad explicativa de la teoría y el modelo empírico asociado.

1) El modelo teórico expuesto en la primera parte de este trabajo predice dos cuestiones: la primera, que la tasa de crecimiento de un país desarrollado es mayor a medida que el acervo de capital humano tiende a ser mayor: la fracción destinada a investigación y desarrollo aumenta y ello dinamiza la tasa de crecimiento.

En segundo lugar, el modelo predice que para un país menos desarrollado la tasa de crecimiento del producto depende tanto del acervo de capital humano total como de la brecha tecnológica. Ambas variables guardan una relación directa con la tasa de crecimiento económico. Fundamentalmente el hecho de que la tasa de crecimiento de un país imitador dependa de la brecha tecnológica parece paradójico en tanto que aquélla será mayor a medida que ésta aumente.

Lo que esta conclusión teórica arroja es que son separables y disinguibles dos conceptos: el de crecimiento y el de las condiciones nacionales para producir tecnología. La brecha tecnológica -todo lo demás constante- puede aumentar, esto es, deteriorarse las condiciones en que se produce tecnología en el país, sin embargo, la tasa de crecimiento se incrementará a pesar , y por, ese deterioro.

Cómo se produce tecnología depende de diversas condiciones que escapan al modelo en sí mismo y las cuales podrían remitirse a las nociones vinculadas con lo que se

ha denominado el Sistema Nacional de Innovación (Lundvall, 1992; Nelson, 1993), según la cual hay un conjunto de agentes vinculados y debidamente relacionados entre sí, de tal forma que son capaces de generar aprendizaje interactivo y complementario. Esta noción evolutiva puede ser, sin duda, una explicación sobre los problemas relacionados con las condiciones institucionales* para producir tecnología.

2) El modelo teórico exhibe dos limitaciones: una, que no considera las condiciones en que se acumula capital físico y, dos, que no considera el lado de la demanda. Es obvio que no se reflexiona sobre el comercio de bienes entre ambos países.

Sin embargo, el modelo sí alcanza a explicar el problema objetivo: las condiciones de crecimiento para un país innovador y otro, digamos seguidor, que se relacionan por un mercado de tecnología. Aquí se entiende a la tecnología en dos vertientes. Primero, como conocimiento incorporado en un acervo de diseños y, segundo, como aprendizaje incorporado en el capital humano.

Grossman y Helpman (1991), distinguen entre dos partes de la inversión en aprendizaje, como *blueprints* en tanto parte apropiable del conocimiento y, por otro lado, como capital de conocimiento que se concibe como un bien público "el cual refleja la sabiduría colectiva acumulada de la experiencia pasada en investigación industrial."

El modelo teórico que aquí se presenta, en cambio, si bien distingue en dos componentes del conocimiento, ninguno de ellos es considerado como un bien público. En ambos casos, para emplearlos, se requiere incurrir en costos.

Aunque para la teoría del crecimiento endógeno lo interesante es la reflexión sobre aquellos bienes apropiables pero parcialmente excluibles (Romer, 1990), el modelo que yo

* Desde este punto de vista, cuando se habla de condiciones institucionales no se hace referencia exclusivamente a las agencias formales de tipo empresarial o gubernamental, sino también a las habilidades, rutinas y condiciones informales bajo las cuales se efectúa el aprendizaje tecnológico.

presento intenta captar el problema central a subrayar: que la tecnología tiene un costo y se comercia en mercados imperfectamente competitivos. Es decir, el modelo debido a su sencillez no analiza en toda su magnitud las diferentes formas de apropiación tecnológica -como sí lo hacen otros autores-, en cambio señala el problema de los costos en que incurren los productores al adquirir tecnología de producto en mercados de tipo monopólico.

3) El modelo de imitación presentado en la primera parte del trabajo describe los determinantes del crecimiento de un país menos desarrollado. Si bien se emplean las bases analíticas y formales propuestas por Romer (1990) y Rivera Bátiz-Romer (1991), se alcanzan conclusiones que pueden ser comparables, en menor medida, con Segerstrom (1991), y sobre todo con Grossman y Helpman (1991 cap. 11). Segerstrom (1991) presenta un análisis detallado de la innovación y la imitación en el contexto del crecimiento económico pero con una modificación de contenido sustancial: formaliza la relación que se establece entre las firmas innovadoras y las seguidoras dentro de un mismo espacio nacional. El trabajo de Grossman y Helpman (1991), como explico a continuación, sí es comparable con los resultados del modelo expuesto en esta investigación.

La ruta de crecimiento de equilibrio para una nación imitadora se expone en la ecuación (17) de la primera parte. Grossman y Helpman (1991) proponen que la solución de equilibrio para un para un país imitador es del tipo:

$$g_m = \frac{(1 - w^s / w^n) L^s}{a_m} - \frac{w^s}{w^n \rho}$$

Donde w^s/w^n, es la razón salarial sur-norte, L^s cantidad de trabajo empleada en investigación industrial, a_m es un parámetro que mide la productividad del trabajo en investigación industrial y r es la tasa subjetiva de descuento.

La solución de Grossman y Helpman predice que la tasa de crecimiento de equilibrio para un país imitador depende, en primer lugar, de la cantidad de trabajo empleado en investigación industrial y, en segundo lugar, de lo que podemos denominar como la brecha de las remuneraciones al trabajo: entre más grande sea, lo cual implica que las del sur sean menores a las del norte, todo lo demás constante, mayor será la tasa de crecimiento de equilibrio.

En ausencia de otros costos, las remuneraciones al trabajo del sur y el norte pueden considerarse como todos los costos en que incurren los productores. Según esta solución habrá una tasa de crecimiento positiva si los salarios del sur son menores a los del norte, de tal forma que la razón de costos sea menor que uno.

La diferencia entre la solución propuesta en esta investigación y la explicada en los párrafos anteriores, radica en que en nuestro argumento la tasa de crecimiento es mayor a medida que la brecha tecnológica aumenta, mientras que en el segundo es mayor a medida que la brecha salarial se incrementa. Ambas formulaciones teóricas coinciden, o con más precisión, se aproximan, por la conclusión relacionada con el empleo de trabajo capacitado en investigación.

En la aproximación teórica del primer capítulo se hace abstracción del problema relacionado con los costos relativos porque la preocupación central no radica en las condiciones de crecimiento cuando se efectúa libre comercio, sino que simplemente se pretenden explicar las condiciones tecnológicas que subyacen en el proceso de crecimiento económico. Ello explica que en nuestro modelo teórico se enfatice sobre la brecha tecnológica, mientras que en Grossman y Helpman (1991), aparece la razón de costos

salariales en un contexto analítico que subraya las condiciones del comercio de bienes y, en menor medida, las causas tecnológicas en el desarrollo.

4) Las diversas regresiones para el caso de la industria, concretamente en la producción de bienes finales, correspondientes a diversos años y diferentes formas de organización de los datos, nos permiten señalar, primero, que la producción se realiza con un uso más intensivo de capital físico y conocimientos acumulados mediante un acervo de diseños, que mediante el empleo de la fuerza de trabajo en cualquiera de sus dos versiones: sea en su forma de capital humano, o en su forma de trabajo directo, mano de obra, L.

En último análisis, a partir de las variables elegidas y la forma en que han sido medidas y a partir, también, de las formas funcionales concretamente propuestas, tenemos que un primer perfil de la industria en su parte productora de bienes finales indica que es intensiva en capital y en el uso de un acervo de diseños importados, es decir, en conocimiento tecnológico adaptado en el país, pero desarrollado orginalmente fuera de las fronteras nacionales.

5) Es determinante apuntar que independientemente de lo expresado en el inciso anterior, lo cierto es que la principal conclusión teórica -a saber: que la ruta de crecimiento depende del acervo total de capital humano- no ha sido invalidada, en tanto que no es eso lo que se prueba en el modelo de producción de bienes finales. En tal caso, lo único que se prueba es la no relevancia estadística de dicha variable en el modelo de regresión lineal correspondiente.

Dicho de otra forma, la conclusión teórica no se cuestiona por métodos estadísticos en ningún momento debido a dos causas: la primera, que esta tesis no persigue fines de verificación; la segunda, que el ejercicio concreto realizado y descrito en el inciso

anterior no atiende el problema de la solución final expresado en la ecuación (17), sino que sólo construye la ecuación (9) para emplear posteriormente sus coeficientes.

6) Una segunda referencia a considerar, es que en la medida que los coeficientes de las veriables suman cantidades mayores a uno, es posible definir un segundo perfil correspondiente a la industria: que las economías de escala son importantes. Si se hubiera obtenido una suma de los coeficientes cercana a uno, podríamos afirmar que hay rendimientos constantes a escala. Por el contrario, ante la evidencia, se puede afirmar que hay rendimientos crecientes a escala en la industria, de tal forma que un aumento en la cantidad total de factores incide en un incremento más que proporcional del producto.

7) Para el caso de la actividad de Investigación y Desarrollo, tenemos que lo fundamental es la cantidad de capital humano empleado en el sector. A diferencia de lo que puede pensarse, no es tan significativa la necesidad de acceder a un stock de diseños nuevos como a una cantidad de capital humano lo suficientemente relevante como para poder resolver las actividades de I&D.

El coeficiente de productividad calculado, correspondiente a la función de producción del sector, podemos interpretarlo como la producción de diseños imitados por unidad de capital humano. Así, para la especificación de la producción de diseños como función del capital humano y sin ordenada al origen, (δ=0.1621462) se puede interpretar que hay una producción de diseños per cápita en la cantidad arriba anotada. Para el caso de la especificación en la que se multiplican el capital humano y el acervo de diseños con ordenada al origen, el valor del coeficiente de productividad todavía es menor: 0.0004399. Esto implica, en la medida que no hay límites para el valor que puede asumir dicho coeficiente, que en un periodo dado, la productividad del capital humano empleado en investigación y desarrollo es baja: no produce siquiera el 20% de un diseño imitado -para el valor más alto- durante un determinado lapso.

Con seguridad es necesario efectuar otras mediciones correspondientes a otros sectores industriales, - y a otros espacios nacionales- pero en principio la estimacion arriba citada deja la sensación de que la capacidad productiva de una pieza de capital humano en Investigación y Desarrollo dentro de la industria informática y de telecomunicaciones es sustancialmente baja. La productividad del trabajo en investigación resulta muy baja.

8) Se ha planteado que los valores de la regresión correspondientes a 1992 para la producción de bienes finales son razonablemente aceptables. No es el caso de los coeficientes correspondientes a 1993. Asimismo, se ha exhibido que los coeficientes de la actividad de investigación y desarrollo son, también, aceptables.

En este sentido es posible aplicar los primeros resultados a la ecuaciones de equilibrio (16) y (17).

Sea entonces la ecuación (17):

$$g_m = \delta_m H_m \frac{A(t)}{M(t)} - \frac{\alpha}{\chi}$$

8.1) Si δ=0.1621462, para la especificación de investigación y desarrollo con el capital humano como única variable y sin ordenada al origen, según la expresión (10.2). α=0.1595988, χ=0.4594001.

La expresión algebráica asociada es:

$$g_m = H_a = 0.1621462\ H_a/M - 0.1595988/0.4594001$$

Los valores asociados a la brecha tecnológica son M=249 productos introducidos como imitaciones en el mercado mexicano durante 1992 y A=507 productos nuevos aparecidos en el mercado estadunidense durante 1992. El último dato tiene como

fuente un conteo de nuevos productos aparecidos en la industria durante 1992 a partir de la revista *Byte*. En tal virtud, la magnitud de la brecha tecnológica es $A/M=2.04$.

El capital humano total contratado por la industria aquí considerada es: 19,593 unidades por las firmas productoras y 411 por los centros de investigación y desarrollo, en total son 20004. En este caso, se considera al capital humano como la suma de ambos sectores porque $H=H_q+H_a$.

Sustituyendo valores y efectuando las operaciones se obtiene que $g_m=H_{am}=6604.035326$. El resultado presenta dos posibles interpretaciones: la primera relacionada con el número óptimo de capital humano a emplear en el sector de investigación y desarrollo para imitación. La segunda debe observarse como la magnitud óptima que permitiría una tasa de crecimiento equilibrado, g_m, entre la producción de diseños y la producción de bienes finales.

Para el caso de la ecuación (16): $H_{qm}= \alpha M(t)/(A(t)\chi\delta_m)$, tenemos que conocidos los valores de los coeficientes y las variables respectivas, podemos estimar la cantidad óptima de capital humano a emplear en el sector que produce bienes finales. El resultado es 1.0523. La interpretación de este resultado no es sencila, debido a que no ofrece información en términos porcentuales, ni en términos absolutos -sería bastante absurdo esperar que se asignara una unidad de capital humano a producir bienes finales como cantidad óptima-.

Sin embargo, una solución de este tipo puede interpretarse en otro sentido: bajo condiciones de imitación tecnológica, para emprender una ruta de crecimiento de equilibrio, se requeriría emplear a la mayor parte del capital humano en actividades de investigación y desarrollo y en mucho menor medida en la producción de bienes finales. En el inciso 9 se profundiza sobre las condiciones para el crecimiento en el caso de una economía con y sin brecha tecnológica.

8.2) Empleando los coeficientes del ejercicio ampliado para el sector que produce bienes finales (tenemos α=0.1520183, χ=0.2724667) se presenta un resultado *muy similar* al anterior: el número óptimo de capital *humano* a *emplear* en investigación y desarrollo para alcanzar una tasa de crecimiento de equilibrio es 6,616.33.

Cuando se calcula la ecuación (16), obtenemos un resultado de 1.6899. Los problemas de interpretación derivados son similares al caso anterior señalado en 8.1.

8.3) Utilizando un coeficiente de productividad de I&D correspondiente al modelo donde se evalúan la proliferación de diseños como función del capital humano y el acervo de diseños con ordenada al origen, por una parte, y el modelo de producción de bienes finales para 1992, tenemos para la ecuación (17) un resultado de 17.60393. En relación con los casos anteriores, la cantidad óptima de capital humano a emplear en el sector de investigación y desarrollo -y que maximiza la tasa de crecimiento de equilibrio- es un número sustancialmente más bajo. Ello responde a que en esta ocasión se emplea un coeficiente de productividad de I&D sustancialmente más bajo.

Una primera conclusión sobre el problema, es que a medida que la productividad, delta, disminuye, menores serán la cantidad de capital humano a emplear y menor la tasa de crecimiento de equilibrio. Si δ=0 habrá una tasa negativa. Esto es, que la capacidad productiva del capital humano es tan baja que no se justificará contratar una sola unidad del factor y debido a que la tasa de *crecimiento* general depende del *mismo* factor, entonces el producto de equilibrio para los bienes finales y los diseños será negativo. Esto último es independiente del valor que asuman las variables.

Resolviendo la ecuación (16), tenemos que el resultado será 387.86. En este caso, la solución que arroja es más alta, lo cual puede indicar, independientemente de la interpretación concreta de ese dato, que a medida que se emplea un menor número de piezas de capital humano en la actividad de investigación y desarrollo, mayor será la

cantidad empleada en la producción de bienes finales. Obviamente, eso es consecuencia de un supuesto restrictivo: que el acervo de capital humano es fijo en cada momento.

9) Supongamos provisionalmente que la brecha tecnológica es igual a uno. Si calculamos la ecuación (17) para las especificaciones de I&D con H como única variable y el valor de los coeficientes del ejercicio correspondiente a la base de datos grande con 36 elementos, tendríamos los siguientes resultados.

Por una parte, la tasa de crecimiento de equilibrio y la cantidad óptima de capital humano a emplear en el sector de I&D es 3243, lo cual implica un resultado sustantivamente menor al caso correspondiente en que el valor de la brecha tecnológica es mayor que uno.

Por otra parte, la cantidad óptima de capital humano a emplear en el sector que produce bienes finales es 2.14255.

Ambos resultados dan cuenta de que **a medida que es más grande la magnitud de la brecha tecnológica, mayor será la cantidad maximizadora de capital humano a asignar a actividades de investigación y desarrollo, si la brecha tecnológica es igual a uno, por contra, la cantidad de capital humano a asignar será sustancialmente menor.**

Ello puede ser el resultado de la exigencia que impone al país menos desarrolado la distancia tecnológica frente al país desarrollado: la brecha tecnológica impone directamente la necesidad de aumentar la cantidad de capital humano a emplear en investigación y desarrollo. Es posible, por tanto, esperar que un país desarrollado sin desventaja tecnológica alcance una tasa de aumento del producto similar a la de un país menos desarrollado, con desventaja tecnológica, empleando, el primer país, una cantidad de capital humano sustantivamente menor que el segundo. Es obvio que sin brecha

tecnológica, un país que asigne más capital humano a I&D crecerá a una tasa mayor que otro asignando menos, pero en condiciones de brecha y ausencia de ella, podemos esperar una situación como la expresada arriba.

Un país innovador, en tal virtud, puede mantener su ventaja de nación desarrollada mediante un mejor aprovechamiento de la tecnología (Krugman, 1990) y empleando una cantidad de recursos -en el sentido de capital humano- menor que un país menos desarrollado, para conseguir la misma tasa de crecimiento de equilibrio. O dicho de otra forma, para que un país menos desarrollado alcance un nivel *similar* al de un país desarrollado, en tanto que éste no tiene desventaja tecnológica, requiere efectuar un esfuerzo más que proporcional al que realiza una economía innovadora.

La del párrafo anterior puede ser una *conclusión* de política que da una idea de las necesidades a cubrir, en condiciones de imitación, para cerrar la brecha tecnológica y tender hacia rutas de desarrollo tecnológico de tipo innovador. En cierta forma, podemos pensar que las relaciones expuestas y la metodología avanzada en esta investigación permiten construir un modelo capaz de determinar los requerimientos de capital humano en investigación y desarrollo para la construcción de una estrategia tecnológica para la industria. Algunas modificaciones al modelo original podrían permitir un esfuerzo similar para el gasto en investigación.

10) Las hipótesis proponen dos problemas a contrastar: uno, que la tasa de crecimiento de un país imitador podría ser mayor que la tasa de crecimiento de uno innovador si la brecha tecnológica es mayor a la razón de los capitales humanos de ambos países. En segundo lugar se señala que hay una cantidad de capital humano empleada en la industria, diferente al óptimo, éste último puede calcularse empleando el método maximizador propuesto en el marco teórico que lleva a una tasa de crecimiento de equilibrio.

Para contrastar la primera hipótesis sería necesario realizar un análisis correspondiente a un país desarrollado, innovador, capaz de explicar el estado que guarda en caso del mismo sector y efectuar la comparación correspondiente. Lo hecho hasta aquí no se relaciona con las condiciones del país innovador, sólo permite un acercamiento provisional a un pais imitador como México, y en tal virtud la presente investigación difícilmente podría arrojar alguna luz sobre tal comparación.

Hay una modalidad analizada en el inciso 5, donde suponemos que no existe brecha tecnológica y se obtienen algunas conclusiones derivadas de tal circunstancia. Las condiciones del estudio aquí presentado son limitadas.

Acerca de la segunda hipótesis se presentan en los primeros incisos de este capítulo algunos cálculos que responden a diferentes condiciones determinadas por las distintas formas de cálculo de los coeficientes explicados en el capítulo anterior. En este caso, tal vez lo más importante sea destacar que el modo de trabajo seguido puede interpretarse, para trabajo empírico, como una metodología que debidamente afinada permita evaluar los requerimientos óptimos de capital humano para emprender un proceso de crecimiento de equilibrio entre el sector que produce bienes finales y el de Investigación y Desarrollo.

Esta aproximación al número óptimo de empleados en la industria, sin embargo, no se relaciona con las vías para generar y acumular capital humano. En otra parte he señalado (Tirado, 1994), que los problemas esenciales de la industria en cuestión radican en la falta relativa de capital humano y, más aún, que esa falta relativa deviene en el desarrollo de un sistema imitativo de generación tecnológica, antes que en un sistema innovador: las diferentes posibles asignaciones del capital humano, debido a su bajo número, sólo pueden cumplirse con su empleo predominante en la producción de bienes finales en desmedro de la actividad de Investigación y Desarrollo.

Los resultados que se obtienen, sin embargo, indican que para alcanzar una tasa de crecimiento de equilibrio sería necesaria una asignación exáctamente inversa a la que se realiza ahora: la mayor parte del capital humano empleado en I&D, y la menor parte en producción de bienes finales. Es muy posible que en términos del trabajo empírico, las conclusiones 10 y 11 sean las de mayor importancia, aun cuando sean provisionales.

11)Este trabajo abre la posibilidad de incorporar a la agenda de investigación un conjunto de temas en las siguientes líneas, cuando menos:

11.1) En sentido teórico habrían tres áreas sobre las cuales es necesario reflexionar con mayor profundidad. Por una parte, en la construcción de modelos que evalúen las condiciones de crecimiento y comercio subrayando la dinámica de los países menos desarrollados. En cierta forma, y sin haberse agotado, podemos considerar que hay una gran cantidad de trabajos sobre crecimiento y comercio internacional recientes que subrayan la situación de los países desarrollados -abundantemente mencionada en la bibliografía- y, por contra, la situación de los países menos desarrollados tiende a ser menos atendida en sus aspectos teóricos desde el marco analítico empleado en este trabajo.

Por otra parte, y en la misma línea de pensamiento, parece fundamental desarrollar trabajo de investigación teórica, no necesariamente relacionado con el proceso de crecimiento, sobre las condiciones económicas del aprendizaje, la acumulación de capital humano, el proceso innovativo e imitatitivo para el caso de los países menos desarrollados. El análisis de este conjunto de problemas y las condiciones específicas en que se desenvuelven, permitiría avanzar con mayor eficacia en otros que emplean esas categorías como base para otro tipo de análisis en el contexto de un país atrasado, tal es el caso del presente *Modelo de Crecimiento Endógeno e Imitación Tecnológica.*

Finalmente, un tema pendiente en la agenda teórica de este trabajo, es la evaluación de los temas de política. En este caso, para examinar sus repercusiones en la dinámica del crecimiento, se podrían abrir dos vertientes: por una parte, las medidas relacionadas con el comercio y la inversión que regularan los nexos económicos de los países desarrollados con los menos desarrollados. Por otra parte, sería necesario analizar el impacto de la política tecnológica, por ejemplo, las repercusiones de una medida que afectara la propiedad intelectual y en última instancia la normatividad asociada con la producción y comercialización de diseños tanto interna como externamente.

11.2) En el ámbito empírico se abren, a reserva de una discusión posterior, cuando menos otros tres temas de investigación. Uno de los principales problemas examinados en el trabajo empírico, que deriva del trabajo teórico, es la determinación y definición cuantitativa y operativa del capital humano, es decir, los métodos de cuantificación y la definición de su papel en la industria.

En segundo lugar, parece necesaria la revisión de metodologías similares aplicadas a otros sectores, en algunos casos, y el empleo de otras fuentes de datos capaces de una mayor consistencia, en otros casos. Asimismo, un trabajo empírico que investigue la situación del país desarrollado explicada en la primera parte, pero no resuelta en la segunda, es el otro tema pendiente dentro de este ámbito.

Por último, será necesario indagar en la definición y medición del concepto de nuevos diseños, sean de producto como en este modelo, o de proceso, como en el modelo original de Romer. Independientemente de cualquier modalidad, se pretendería alcanzar cuantificaciones y definiciones precisas sobre los problemas relativos al conocimiento y su característica acumulativa.

V. ANEXO

V. ANEXO

El objetivo de este anexo es exponer la deducción de algunas ecuaciones que en el curso del texto no están explicadas.

Deducción de la ecuación (7). Tenemos que los salarios del capital humano se igualan en la expresión:

$$w_{hn}(t) = \delta_n P_{an}(t)A(t) = \alpha H_{qn}^{\alpha-1}(t)L_n^{\beta}(t)K_n^{\gamma}(t)A^{\chi}(t)$$

Por (4), sabemos que:

$$P_{an}(t) = \chi H_{an}^{\alpha}(t)L_n^{\beta}(t)K_n^{\gamma}(t)A^{\chi-1}(t),$$

Por lo tanto, tenemos la siguiente expresión:

$$1 = \frac{\alpha H_{qn}^{\alpha-1}(t)L_n^{\beta}(t)K_n^{\gamma}(t)A^{\chi}(t)}{\delta_n \chi H_{qn}^{\alpha}(t)L_n^{\beta}(t)K_n^{\gamma}(t)A^{\chi-1}(t)A(t)}$$

Ahora, se anulan los términos semejantes en el numerador y el denominador, se despeja H_{qn} y se obtiene la ecuación (7):

$$H_{qn} = \frac{\alpha}{\delta_n \chi}$$

Deducción de la ecuación (8):

Tenemos la condición de equilibrio:

$$g_n = \frac{\dot{Q}_n}{Q_n} = \frac{\dot{A}}{A} = \frac{\delta_n H_{an}(t)A(t)}{A(t)} = \delta_n H_{an}(t)$$

Dadas las restricciones sobre H, tenemos que

$$g_n = \delta_n \left[H_n(t) - H_{qn}(t) \right]$$

Pero por (7), sabemos que: $H_{qn}=\alpha/\delta_n\chi$, por lo tanto, podemos postular lo siguiente:

$$g_n = \delta_n \left[H_n(t) - \frac{\alpha}{\delta_n \chi} \right]$$

En tal caso, se anula delta, en el segundo miembro de la diferencia y podemos encontrar la ecuación (8):

$$g_n = \delta_n H_n(t) - \frac{\alpha}{\chi}$$

Deducción de la ecuación (16):

Como en el caso anterior, igualamos los salarios del capital humano entre ambos sectores:

$$w_{hm}(t) = \delta_m P_m(t)A(t) = \alpha H_{qm}^{\alpha-1}(t)L_m^{\beta}(t)K_m^{\gamma}(t)M^{\chi}(t)$$

Por la expresión (12), sabemos que el precio de un diseño imitado es: $P_m(t) = \chi H_{qm}^{\alpha}(t)L_m^{\beta}(t)K_m^{\gamma}(t)M^{\chi-1}(t)$. Es posible sustituir e igualar a 1 de la siguiente forma:

$$w_{hm}(t) = \delta_m \chi H_{qm}^{\alpha}(t)L_m^{\beta}(t)K_m^{\gamma}(t)M^{\chi-1}(t)A(t) = \alpha H_{qm}^{\alpha-1}(t)L_m^{\beta}(t)K_m^{\gamma}(t)M^{\chi}(t)$$

$$1 = \frac{\alpha H_{qm}^{\alpha-1}(t)L_m^{\beta}(t)K_m^{\gamma}(t)M^{\chi}(t)}{\delta_m \chi H_{qm}^{\alpha}(t)L_m^{\beta}(t)K_m^{\gamma}(t)M^{\chi-1}(t)A(t)}$$

Anulando los términos semejantes y despejando H_{qm} se deduce la ecuación (16):

$$H_{qm} = \frac{\alpha M(t)}{A(t)\delta_m \chi}$$

La deducción de la ecuación (17) puede alcanzarse mediante el siguiente procedimiento:

Tenemos la condición de equilibrio:

$$g_m = \frac{\dot{Q}_m}{Q_m} = \frac{\dot{M}}{M} = \delta_m H_{mm}(t)\frac{A(t)}{M(t)} g$$

Por las restricciones presentadas para el capital humano y su asignación, tenemos que:

$$g_m = \delta_m \left[H_m(t) - H_{qm}(t) \right] \frac{A(t)}{M(t)}$$

Por la ecuación (16), sabemos que $H_{qm} = \alpha M(t)/A(t)\chi\delta_m$, lo c ual se puede sustituir en la expresión anterior, así:

$$g_m = \frac{\delta_m \left[H_m(t) - \frac{\alpha M(t)}{A(t)\chi\delta_m} \right] A(t)}{M(t)}$$

$$= \frac{\delta_m H_m(t) A(t)}{M(t)} - \frac{\delta_m \left[M(t)/A(t)\chi\delta_m \right] A(t)}{M(t)}$$

En este caso el segundo miembro de la diferencia queda en términos de los coeficientes α/χ porque los demás términos se anulan y se deduce finalmente la ecuación (17):

$$g_m = \frac{\delta_m H_m(t) A(t)}{M(t)} - \frac{\alpha}{\chi}$$

VI. BIBLIOGRAFIA

VI. BIBLIOGRAFIA

Adams, James D. (1990) "Fundamental Stocks of Knowledge and Productivity Growth". en: *Journal of Political Economy,* The University of Chicago Press. Vol. 98, No. 4, August. pp. 673-702.

Aghion, Philippe y Howitt, Peter. (1990) *A model of Growth Through Creative Destruction.* Document No. 90-12, Centre National de la Recherche Scientifique. Ecole Normale Supérieure. Ecole de Hautes Etudes en Sciences Sociales. Avril, 1990

Arrow, Keneth J (1962a). "The Economic Implications of Learning by Doing." en: *Review of Economic Studies.* 29, junio, 1962, pp. 165-173.

---------- (1962b) "El Bienestar Económico y la Asignación de Recursos para la Invención. en: Rosenberg, Nathan (Comp.) *Economía del Cambio Tecnológico.* Lecturas del Trimestre Económico, FCE, México, 1979. pp.151-167

Becker, Gary, Kevin Murphy y Robert Tamura (1990), "Capital, fertility and economic growth", en *Journal of Political Economy,* 98, S12-S37.

Berndt, Ernst R.(1990) *The Practice of Econometrics: Classic and Contemporary.* Addison-Wesley Publishing

Byte. Se consultaron diversos números correspondientes a 1991, 1992 y 1993.

Casar, José I. y et al.(1988) *La Organización Industrial en México.* Ed. S.XXI-ILET, México.

Corona, Leonel (Coord.) (1991).*México Ante las Nuevas Tecnologías.* Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades-UNAM-Miguel Angel Porrúa, México.

Ethier, Wilfred J. (1986) "The Multinational Firm." en: Gene Grossman, *Imperfect Competition and International Trade.* The MIT Press, Cambridge, Mass., 2nd. printing, 1993. pp. 303-326

Expansión. Fueron consultados los números correspondientes a 1991, 1992 y 1993.

Finder X-Press on Disc (1993), edición en CD-ROM

Grossman, Gene (comp.) (1993). *Imperfect Competition and International Trade.* The MIT Press.

Grossman, Gene M. y Helpamn Elhanan (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy.* 2nd edition. The MIT Press Cambridge, Mass.

---------- (1990)"Comparative Adventage and Long Run Growth" en: *The American Economic Review,* September, 1990, Vol. 80, No. 4, pp.796-815.

Heertje, Arnold. (1984) *Economía y Progreso Técnico.*, Fondo de Cultura Económica, México.

Helpman, Elhanan. (1990) *Monopolistic Competition in Trade Theory.* Special Papers in International Fianance, No. 16, june 1990, Internacional Finance Section, Dept. of Economics, University of Princeton. Princeton, N.J.

----------(1985) "Multinational Corporations and Trade Structure" en: Gene Grossman, *Imperfect Competition and International Trade.* The MIT Press, Cambridge, Mass., 2nd. printing, 1993., pp 285-302.

Helpman, Elhanan y Krugman, Paul (1985). *Market Structure and Foreign Trade: Increasing Returns, Imperfect Competition and the International Economy.* The MIT Press, Cambridge Mass.

INEGI (1992). *La Situación de la Informática en México,* Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

Intriligator, Michael D. (1990). *Modelos Econométricos, Técnicas y Aplicaciones.* Fondo de Cultura Económica.

Jaén Jiménez, Bernardo. (1993) *Análisis de los Determinantes de las Exportaciones Manufactureras de México, 1983-1987: Una Exploración de Corte Transversal.* Tesis de maestría, UNAM, Maestría en Ciencias Económicas.

Kaldor, N. y J.A. Mirlees.(1962) "Modelos de Crecimiento con Progreso Técnico Inducido". en: Amartya Sen, *Economía del Crecimiento.* Lecturas del Trimestre Económico, No. 28, Fondo de Cultura Económica.

Krugman, Paul. (1986) "La Nueva Teoría del Comercio Internacional y los Países Menos Desarrollados." En: *El Trimestre Económico,* México, 1988, Enero-Marzo, Vol. LV (1), Núm 217, pp. 41-66.

Krugman, Paul. (1990) *Rethinking International Trade.* The MIT Press, Cambridge Mass.

Lang, David.(1993) "El futuro de las telecomunicaciones." en: *El Economista Mexicano.* Revista del Colegio Nacional de Economistas, Abril-Junio. pp. 29-38.

Lucas, Robert (1993). "Making a miracle", en *Econometrica,* vol. 61, No. 2, march, pp. 251-272

Lundvall B.A.(1992) *National Systems of Innovation.* Pinter Publishers, Londres.

Mattar, Jorge y Claudia Schatán. (1993). "El Comercio Intraindustrial e Intrafirma, México-USA. Autopartes, electrónicos y petroquímicos" en: *Comercio Exterior*, Vol. 43, No. 2, Febrero.

Mowery, David C. y Rosenberg, Nathan. (1989) *Technology and the Pursuit of Economic Growth.* Cambridge University Press, First paperback edition, 1991, Cambidge.

Nelson, Richard R. & Winter, Sidney. (1982) *An Evolutionary Theory of Economic Change.* The Belknap Press of Harvard University Press.

Nelson, Richard (1993). *National Innovation Systems.* Oxford University Press, Oxford.

PC Semanal. Consultados todos los números correspondientes a 1992.

Personal Computing México. Consultados todos los números correspondientes a 1992 y diversos números de 1993 y 1994.

Pindyck, Robert S. y Daniel L. Rubenfield. (1981). *Econometric Models and Economic Forecasts.* Mc. Graw-Hill, 2nd. Edition.

Rebelo, Sergio (1991). "Long Run Policy Analisis and Long Run Growth." en: *Journal of Political Economy*, Vol. 99, No. 3, june.

Rivera-Bátiz, Luis y Paul Romer, (1991) "Economic Integration and Endogenous Growth." en: Gene Grossman, *Imperfect Competition and International Trade.* The MIT Press, Cambridge, Mass., 2nd. printing, 1993. pp.347-365

Romer, Paul (1990). "El Cambio Tecnológico Edógeno" en: *El Trimestre Económico.* México, 1991. pp. 441-479.

Science Citation Index, edición en CD-ROM, versiones correspondientes a 1990 y 1991.

Schumpeter, Joseph A. (1942) *Capitalismo, Socialismo y Democracia.*Edit. Orbis, 1a. edic., 1983, Madrid.

Segerstrom, Paul S. (1991) "Innovation, Imitation and Economic Growth". en: *Journal of Political Economy* The University of Chicago Press, Vol. 99, No. 4, August. pp.807-827

Semmler, Willi (1991). *Growth Dynamics with Endogenous Techinical Change.* Mimeo. New School for Social Research, New York, N.Y.

Serra Puche, Jaime (1994). *La Nueva Política Industrial de México.* Secretaría de Comercio y Fomento Industrial., México.

Solow, Robert M.(1957) "El cambio técnico y la función de producción agregada" en: N. Rosenberg. *Economía del Cambio Tecnológico* Lecturas del Trimestre Económico, FCE, No. 31, 1979, 1a. edic.

Tirado Jiménez, Ramón (1993). "Telefonía y redes de Telecomunicaciones. El caso de diez empresas en México." en: *El Economista Mexicano,* abril-junio

---------- (1994) "La innovación tecnológica en la industria informática y de telecomunicaciones en México." en: *Comercio Exterior,* Vol. 44, No. 8, agosto de 1994.

Toharia, Luis (1983, Comp. e Introd.) *El Mercado de Trabajo: Teorías y Aplicaciones.* Alianza Universidad Textos. Madrid.

Vernon, Raymond. (1966) "La inversión internacional y el comercio internacional en el ciclo de productos." en : Rosenberg, Nathan, *Economía del Cambio Tecnológico* Lecturas del Trimestre Económico, No. 31, 1979, Fondo de Cultura Económica, México.

Wionczek, Miguel S., Gerardo M. Bueno y Jorge Eduardo Navarrete.(1974).

LaTransferencia Internacional de Tecnlogía-El caso de México. 1a. edición,

Fondo de Cultura Económica.