

Universidad de San Andrés
Maestría en Economía
Tópicos de Racionalidad Acotada

MODELO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

María Inés Carugati - Tomás Pablo Sánchez

Daniel Heymann

Profesores:

Roberto
Perazzo
Martín
Zimmermann

Introducción

En este trabajo se intenta analizar el comportamiento de la inversión en tecnología en una industria en particular, en la cual interactúan el conjunto de firmas que la componen. Se trata de incorporar la característica del doble rol que juega la inversión en investigación y desarrollo en industrias complejas, en donde “copiarse” requiere de una inversión previa. En esta clase de industrias, la inversión en tecnología por un lado genera conocimiento y aumenta el stock tecnológico propio de esa firma; y por otro, dicha inversión le permite tener capacidad de absorción de tecnologías realizadas por otras empresas dentro de la misma industria y también en menor medida fuera de esta (en otras industrias, y también en universidades e institutos de investigación, generalmente con fuerte apoyo estatal).

De esta manera el modelo pretende captar el hecho de que aprender en industrias complejas requiere de una preparación previa tanto para la absorción de tecnologías, como para la imitación. En este sentido las empresas tienen un doble incentivo a invertir, para generar conocimiento propio y para apropiarse el de otras empresas. Esto último es lo que llamamos spillovers, para poder captar los mismos es necesario invertir y que no existan patentes perfectas, que protejan el 100% del conocimiento obtenido. Por lo tanto, las patentes pueden tener un efecto de eliminar los spillovers en la industria y contrariamente a lo pensado, desincentivar la inversión tecnológica. Vale la pena aclarar que ésto será así, solo si copiarse requiere de una inversión previa en tecnología (industrias complejas). En industrias como la farmacéutica el copiado no requiere casi de ningún costo (es solo copiar una “receta de cocina”), por lo que la existencia de patentes en dicha industria incentivaría la inversión.

Introducimos también el efecto de la inversión en otras industrias, en universidades y otros institutos de investigación. Llamamos a esta fuente de conocimiento tecnológico “extraindustria” como “modelo con gobierno”, por el importante rol que juega este, en los países desarrollados, en el financiamiento de universidades y otros centros de investigación y desarrollo de nuevas tecnologías. Esperamos que ésto tenga efectos positivos en la acumulación tecnológica promedio de la industria. Igualmente, la capacidad de cada firma para explotar esta fuente externa de inversión requiere de un esfuerzo propio ex ante. Asimismo no le imponemos ningún costo adicional a la industria, con lo cual suponemos implícitamente que esta financiado con fondos fuera de esta.

Por otra parte, se intenta captar el efecto que tiene sobre una misma industria la presencia de niveles de salarios distintos sobre la inversión y acumulación tecnológica. Se espera, obviamente que los stocks óptimos de tecnología sean más altos en las zonas de salarios mayores por una cuestión de cambio en los precios relativos de los factores de producción. Este

efecto sería desigualador ya que si suponemos que los países desarrollados, típicamente con mayores stocks de tecnología, tienen salarios más altos que los países en desarrollo, esto marcaría aun más las diferencias en la acumulación de tecnología ya existentes.

El trabajo está organizado de la siguiente manera: Primero, se realiza una descripción del modelo a estudiar. A continuación, se analizan los principales resultados obtenidos en las diferentes simulaciones del mismo. Luego se detallan las posibles extensiones del modelo a realizar en el futuro y finalmente, se exponen las conclusiones del trabajo.

El Modelo

Analizamos en particular el comportamiento de una industria compuesta por 144 empresas, utilizando para esto una matriz de 12x12 en donde cada celda representa una firma (no obstante, el código es flexible al número de empresas). Siendo lo central de nuestro análisis, la determinación del stock de conocimiento tecnológico de la firma.

Suponemos que la cantidad a producir por la firma está fija a lo largo del tiempo y es idéntica para todas. De esta manera la firma está obligada a abastecer su demanda fija en cada período (e igual para todas). Todas las firmas comparten la misma función de producción y suponemos que no existe factor capital, en este sentido el avance tecnológico (acumulación de z) hace más productivo el factor trabajo. La parte de la productividad marginal del trabajo independiente de z , ω , la suponemos constante. Así la función de producción para la firma “ i ” queda expresada de la siguiente manera:

$$Q_i = \omega \cdot z_i \cdot \ell_i^T \quad 0,7 T; 5.000 \quad ;$$

Dado el stock de tecnología z , con Q y ω fijo, la cantidad de trabajo queda determinada.

El stock de tecnología de cada empresa depende de su propia decisión de inversión. La misma también determina su capacidad de absorción tanto de la inversión realizada por las empresas vecinas (las ocho empresas que la rodean), o sea los spillovers, como el aporte realizado por el estado a través de organismos estatales (universidades, institutos de investigación, etc.). Formalmente:

$$m_i = \sqrt{\frac{T_i + 2}{\sum_{j=1}^8 \frac{m_{ij}}{8}}} \quad f = 2 \quad ;$$

$m_i = \sqrt{\quad}$; función de la capacidad de absorción de la firma de la inversión realizada externamente (capacidad de "copiarse").

$T = T \sum_{i=1}^n \frac{m_{ij}}{n}$; función del aporte del gobierno en la inversión tecnológica, como proporción del promedio de la inversión privada.

$j =$ número de vecinos de la empresa i (los 8 de alrededor en la matriz).

$b =$ proporción de spillovers de sus 8 vecinos (lo suponemos entre cero y uno).

$f =$ tasa de depreciación del Stock en Tecnología.

La función de beneficios para cada firma es simplemente la cantidad producida (fija), suponiendo que los precios son iguales a uno (empresas tomadoras de precios), menos los costos. Cada firma tiene solo dos costos, por un lado la inversión realizada en tecnología y por otro, la cantidad de trabajo necesaria para abastecer dicha demanda multiplicada por el salario del mismo (s). Esto es:

$$j = \sum_{i=1}^n Qms \quad \ell$$

Las empresas eligen su política de inversión en tecnología (m), dentro de un menú de diez, decidiendo en particular una tasa de crecimiento (o decrecimiento) de dicha inversión para cada período, durante los seis períodos de duración de cada política. Una vez seleccionada una política la misma queda fija por este lapso de seis períodos. Luego de terminado este proceso, la firma evalúa las diez políticas pertenecientes a su menú y las ordena de acuerdo a cual le hubiera reportado mayores beneficios acumulados durante la duración de éstas. En caso de que ninguna política le reportara beneficios positivos, dicha firma muere. Esto es, se resetean sus datos de beneficios acumulados a cero, se le da los valores medios del mercado en stock e inversión en tecnología y se genera al azar un nuevo menú de políticas. Si la firma no muere, entonces en el período siguiente (7-12, y así sucesivamente) implementará la política que le hubiera brindado mayor beneficio en el tramo anterior. Cabe aclarar que las empresas no juegan todas a la vez, sino que son elegidas al azar cada seis períodos, con igual probabilidad de salir seleccionadas. Esto es solo una empresa por vez decide y juega el juego.

Una vez ordenadas las políticas se procede a realizar por medio de un algoritmo genético un proceso de reproducción y mutación. En el primer proceso la política ganadora queda intacta para el siguiente período, y se realiza una combinación con las primeras cinco, entrando con un solo hijo la política seis. Las primeras cinco, incluida la ganadora, quedan con "igual" cantidad de hijos todas (no obstante, la primera, al no morir, tiene un hijo más). Vale la pena aclarar que el código utilizado es flexible a cualquier cantidad de políticas y duración de las mismas,

describiendo solo el caso que elegimos utilizar (de diez políticas y seis períodos de duración cada una).

Luego de finalizado dicho proceso de reproducción, se inicia el proceso de mutación. El mismo consiste en mutar con una probabilidad “p” (elegimos $p = 0,2$) a las celdas de cada política, con un pequeño shock estocástico. La probabilidad de mutar con un shock cada celda entonces es “p”.

Simulaciones

Se realizaron 150.000 simulaciones para las ocho versiones diferentes del modelo planteado en el apartado anterior. Suponemos que los salarios son iguales a uno para todas las empresas y modelos, excepto para los modelos de salarios diferenciados en el que habrá tres valores distintos del mismo (que en forma corta llamaremos modelo de “salarios”).

La primer versión consiste en el modelo más crudo, en donde el stock de conocimiento de la firma depende únicamente de su propio esfuerzo y no existen interacciones de ningún tipo.

En su segunda versión se permite que la empresa pueda interactuar con sus vecinos, apropiándose parte de la inversión en tecnología realizada por ellos. Existen por lo tanto spillovers tecnológicos, no obstante la capacidad de absorción de los mismos (capacidad de copiado) depende de su propio nivel de inversión, pero con rendimientos decrecientes. Si su nivel de inversión es cero no podrá captar nada de la inversión realizada por sus vecinos. Esta versión la llamaremos de “spillovers”.

La tercer variante, que denominamos con “gobierno”, incluye al sector público como única fuente externa de inversión en tecnología. Nuevamente, para captar dicho aporte externo la empresa deberá realizar inversiones propias.

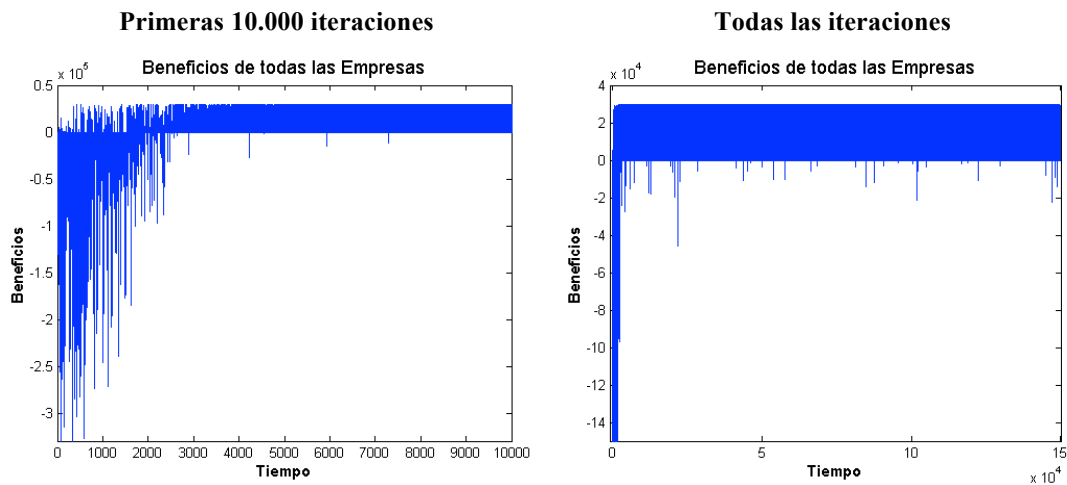
Luego corrimos el modelo crudo con salarios diferentes (modelo de “salarios”), dividiendo la matriz en tres zonas distintas conformadas por 48 empresas cada una. Elegimos arbitrariamente tres niveles de salarios. En la primer zona (de izquierda a derecha en la matriz) el salario es igual a 1, en la segunda es 5 y en la tercera es igual a 10.

A partir de la quinta variante, lo que hicimos fue la combinación de las cuatro versiones básicas anteriores: spillovers y gobierno, spillovers y salarios, gobierno y salarios y finalmente spillovers, gobierno y salarios.

Como característica general a todos los modelos, el proceso de aprendizaje de las firmas a través del tiempo se produce en la primera etapa de iniciado el experimento. Esto se puede observar al analizar los beneficios de todas las empresas. En un principio los beneficios del mercado,

presentan grandes pérdidas, que disminuyen en el del tiempo, volviéndose positivos luego y finalmente convergiendo a un nivel estable. Esto se puede ver ejemplificado en los siguientes gráficos para el caso del modelo completo, con spillovers, gobierno y salarios diferenciados, pero comportamientos similares se ven en todos los demás casos, aunque en diferentes niveles de ganancias y pérdidas según el caso. El siguiente cuadro no es más que un ejemplo.

Proceso de aprendizaje en el modelo completo

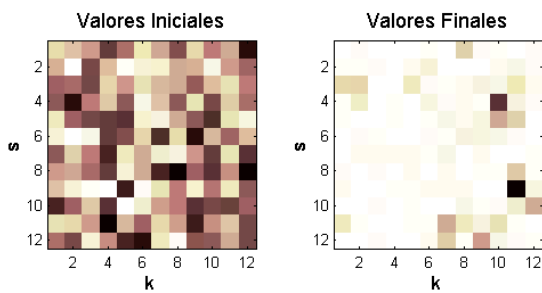


Así mismo, vale la pena aclarar que como característica general en ningún modelo el nivel de stock de conocimiento explota al infinito, sino que el mismo converge a una especie de valor medio óptimo para la industria, que no es igual para todas las firmas. Variando este nivel de acuerdo al modelo analizado. Suponemos que el limitante de la acumulación de stock en tecnología, además de la tasa de depreciación y el costo de inversión, es que la cantidad producida por las firmas es fija y esta determinada exógenamente. El mercado al que pueden abastecer tiene un tamaño determinado (y un precio también determinado) y por lo tanto, es lógico pensar que habrá un valor óptimo y que este no tenderá al infinito. Además se verifica la presencia de uno (generalmente en los modelos de salarios diferenciados a causa de este efecto) o a lo sumo dos líderes (modelos 1,3 y 8; y en menor medida en el 2 y 5) en la acumulación del stock en tecnología. Estos resultados pueden ser apreciados tanto en la siguiente tabla como en los gráficos a continuación (habiendo elegido solo dos casos a modo de representación del resto)

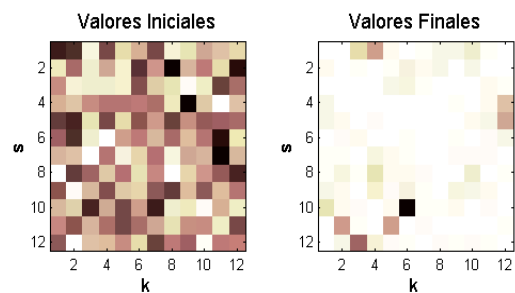
Modelo	Líder (1)	Primer seguidor (2)	Segundo seguidor (3)
--------	-----------	---------------------	----------------------

	valor de z	valor de z	(1)/(2)	valor de z	(1)/(3)
Sin nada	2720,00	2556	1,06	1688	1,61
Solo Spillovers	9731,50	7435	1,31	5399	1,80
Solo Gobierno	5247,68	4559	1,15	2867	1,83
Solo Salarios	13264,63	4499	2,95	4118	3,22
Spillovers y Gobierno	24004,30	19813	1,21	6054	3,97
Spillovers y Salarios	21659,90	14462	1,50	8718	2,48
Salarios y Gobierno	13552,45	6343	2,14	4938	2,74
Spillovers, Salarios y Gobierno	12165,46	11215	1,08	6795	1,79

Modelo con Spillovers, Salarios y Gobierno



Modelo solo con Spillovers



Colores oscuros representan mayores niveles de acumulación tecnológica, en donde cada celda de la matriz de 12 por 12 representa una empresa en particular. Se muestran los valores iniciales generados al azar y los valores finales luego de las 150.000 iteraciones realizadas en el experimento.

Como se puede observar en la primer tabla a continuación, en el primer modelo, en el que no existen spillovers, inversión extraindustria, ni salarios diferentes para zonas distintas, el nivel de stock de tecnología es mucho menor al de los otros modelos. Como característica común en todos los modelos, los niveles de stock de conocimiento están desigualmente distribuidos entre todas las firmas. El primer modelo en este sentido, es él con menor desigualdad relativa con respecto a los siete restantes, aunque igualmente con altos niveles de desigualdad entre empresas. Con firmas líderes cuyo stock de tecnología es poco más de 219 veces el stock de la firma de menor acumulación, y casi 9 veces la media de toda la industria (la firma de menor acumulación tecnológica representa solo 4% de la media de la industria).

Modelo	Promedio por firma		
	Z	m	BA
Sin nada	304.89	38.75	2950397.92
Solo Spillovers	820.77	32.00	3607540.28
Solo Gobierno	491.23	25.78	4566659.72
Solo Salarios	681.72	87.78	2356344.64
$S=1$	314.15	62.19	2655705.07
$S=5$	658.24	80.92	2253770.95
$S=10$	1072.77	120.24	2159557.89
Spillovers y Gobierno	1096.48	32.90	4024997.27
Spillovers y Salarios	1621.99	55.99	3686414.27

$S=1$	896.61	28.88	3717637.01
$S=5$	938.79	27.94	4035766.39
$S=10$	3030.58	111.15	3305839.40
Salarios y Gobierno	939.45	42.42	4255152.00
$S=1$	499.99	15.02	4718528.17
$S=5$	873.52	36.35	4214340.34
$S=10$	1444.83	75.89	3832587.50
Spillovers, Salarios y Gobierno	1187.30	28.81	4331194.67
$S=1$	626.31	16.10	4417534.03
$S=5$	1047.11	29.49	4386101.94
$S=10$	1888.47	40.86	4189948.03

Modelo	Stock en Tecnología (z)									
	mín	máx	media	máx/ mín	mín/ media	máx/ media	desvío/ media	mín relativo	máx relativo	
Sin nada	12,40	2720,00	304,89	219,35	0,04	8,92	1,42	1,00	1,00	
Solo Spillovers	30,80	9731,50	820,77	315,96	0,04	11,86	1,65	2,48	3,58	
Solo Gobierno	13,01	5247,68	491,23	403,31	0,03	10,68	1,55	1,05	1,93	
Solo Salarios	11,06	13264,63	681,72	1199,33	0,02	19,46	1,88	0,89	4,88	
$S=1$	11,06	3450,78	314,15	312,00	0,04	10,98	1,66	0,89	1,27	
$S=5$	58,22	4499,09	658,24	77,28	0,09	6,84	1,36	4,70	1,65	
$S=10$	64,99	13264,63	1072,77	204,09	0,06	12,36	1,78	5,24	4,88	
Spillovers y Gobierno	23,84	24004,30	1096,48	1006,85	0,02	21,89	2,49	1,92	8,83	
Spillovers y Salarios	57,14	21659,90	1621,99	379,07	0,04	13,35	1,64	4,61	7,96	
$S=1$	70,45	5099,66	896,61	72,39	0,08	5,69	1,15	5,68	1,87	
$S=5$	57,14	6466,47	938,79	113,17	0,06	6,89	1,36	4,61	2,38	
$S=10$	216,51	21659,90	3030,58	100,04	0,07	7,15	1,31	17,46	7,96	
Salarios y Gobierno	16,90	13552,45	939,45	801,97	0,02	14,43	1,51	1,36	4,98	
$S=1$	16,90	1929,76	499,99	114,19	0,03	3,86	0,93	1,36	0,71	
$S=5$	59,85	6343,91	873,52	105,99	0,07	7,26	1,18	4,83	2,33	
$S=10$	99,69	13552,45	1444,83	135,94	0,07	9,38	1,45	8,04	4,98	
Spillovers, Salarios y Gob.	20,14	12165,46	1187,30	604,07	0,02	10,25	1,54	1,62	4,47	
$S=1$	20,14	4165,87	626,31	206,86	0,03	6,65	1,45	1,62	1,53	
$S=5$	111,81	6260,74	1047,11	55,99	0,11	5,98	1,17	9,02	2,30	
$S=10$	96,90	12165,46	1888,47	125,54	0,05	6,44	1,40	7,81	4,47	

El **modelo con spillovers**, la media tecnológica de la industria es más de dos veces y media al modelo sin spillovers (2,69). Con lo cual, la complementariedad estratégica, es decir la interdependencia positiva en la inversión tecnológica entre empresas de la misma industria, parece incentivar la inversión en tecnología. La empresa líder en este modelo tiene más de tres veces y media (3,58) el stock que tenía el líder del primer modelo, y por otra parte, la empresa de menor acumulación tiene casi dos veces y media (2,48) el stock que dicha empresa tiene en el modelo anterior. La desigualdad, sin embargo sigue siendo tan alta y más. El líder representa poco más de 315 veces la empresa de menor acumulación tecnológica y es casi 12 veces el valor de la media de la industria.

Por otra parte, el nivel promedio de inversión privada es menor, pero como ya lo indicamos antes, los stocks de tecnología son significativamente mayores. Esto se debe a que con los efectos de los spillovers, un menor nivel de inversión por firma da mayores aumentos de

acumulación que si los mismos no existiesen, así la inversión tecnológica tiene mayores rendimientos. Los beneficios acumulados promedio (BA) de la industria son también mayores, en un 22%.

El modelo que incluye solo **inversión extraindustria o de gobierno**, también muestra, aunque en menor medida mayor acumulación tecnológica. Dicha acumulación, para el promedio de la industria es 61% mayor al modelo base (sin nada). La empresa líder en este modelo tiene un stock de casi el doble (1,93) aunque en la de menor acumulación, es similar. En cuanto a la distribución, también es más desigual. La relación entre la empresa con el máximo y el mínimo nivel de acumulación tecnológica es de 403, poco menos del doble del primer modelo y la empresa líder representa casi 11 veces el valor medio de la industria.

En cuanto a los niveles de inversión promedio de la industria, los mismos resultaron ser los más bajos en relación a los otros modelos. En particular, con respecto al primer modelo son un 33% menor. La explicación pasaría porque la inversión producida fuera de la industria, si bien tiene el efecto de aumentar los niveles de acumulación tecnológica, a la vez genera un desincentivo a invertir por parte de la firma, ya que puede captar esta inversión externa con un nivel de inversión más bajo, que en el modelo sin gobierno.

Los beneficios asimismo son los mayores. Pudiéndose interpretar este aporte extraindustria como un subsidio a la inversión privada, generando así beneficios más altos.

El caso con **salarios diferenciados**, es conveniente analizar desagregadamente las tres áreas, aunque como primera aproximación tanto el nivel de tecnología como su inversión (contrariamente a los modelos de solo spillovers y gobierno) aumentan con respecto al primer caso. Esto es consecuencia del cambio de precios relativos entre el trabajo y la tecnología, al encarecerse el primero, el nivel óptimo de stock de tecnología, ceteris paribus, tendrá que ser mayor al anterior y para así demandar menos trabajo.

Obviamente como era de esperar, la primer zona es muy similar a la del primer modelo, ya que tiene los mismos niveles de salarios, con la única salvedad de que tiene en las fronteras interacciones con las otras dos zonas de salarios más altos.

La zona de salarios medios ($S=5$), presenta una acumulación de tecnología promedio de la industria de más del doble de la primer zona ($S=1$), con niveles de inversión también mayores (30% mayor que en la primer zona).

En la zona de salarios altos ($S=10$), el nivel de stock promedio acumulado de la industria es un 63% mayor al de la zona de salarios medios y es casi tres veces y media (3,41) el nivel promedio de la primer zona, de hecho es el nivel más alto de los casos analizados hasta el momento. En esta zona, lógicamente se encuentran el líder en acumulación tecnológica, que con respecto al valor mínimo de la primer zona este es casi 1200 veces el mismo, sin embargo

contra el mínimo de su zona la relación cae a 204. La desigualdad intra zonas es normal, pero presenta muchas diferencias entre zonas.

El nivel de inversión promedio también es mucho mayor que en los otros dos casos (casi el doble del primero y un 50% más que el segundo). Los beneficios acumulados promedio mostraron, como era de esperar, ser decrecientes con respecto al nivel de salarios, ya que se encarece el precio de un factor de producción.

En el caso del modelo que combina el efecto de **spillovers e inversión extraindustria** los efectos son los esperados. Aumenta el stock de tecnología, por ambos motivos, superando los niveles de los mismos por separado. Incrementándose también los niveles de desigualdad en la distribución de dicho stock, otra vez por ambos efectos. La relación entre el máximo y el mínimo es de alrededor de 1000 veces y el primero representa casi 22 veces el valor de la media del promedio del stock de tecnología de la industria. El coeficiente desvío / media es el más alto siendo casi igual a 2,5. Los beneficios también son superiores que en el caso crudo.

En el caso de la combinación de los efectos de **spillovers con salarios diferentes** el efecto sobre el stock es claro, ambos son positivos. Como era de esperar, en la primer área es casi igual al caso de solo spillovers. En los siguientes el efecto de salarios más altos aumenta el stock promedio de tecnología de la industria. Para el caso de salarios más altos, el mismo es de poco más de tres veces el de la primer zona.

En el caso de los beneficios y la inversión los efectos son contrarios. La inversión solo aumenta significativamente en la zona de salarios altos. Los beneficios también terminan de caer a niveles parecidos al modelo sin nada en esta última área.

Para el caso de la combinación entre **salarios y gobierno**, el efecto sobre el stock de capital se espera positivo pero menor que en el modelo anterior, dado que el efecto de la inversión extraindustria es menor que el de los spillovers. Esto se ve verificado, teniendo en el área de mayor salarios, la mitad del stock del caso anterior.

En cuanto a la caída en la inversión privada también resultó más fuerte este efecto, que el de los spillovers sobre la área de mayor salarios, como era de esperar.

Por último queda el modelo que combina los **tres efectos**. Mostrando aumentos esperados en el stock de tecnología y efectos de baja en la inversión privada a causa de los efectos de spillovers y gobierno juntos, llegando a ser en el área de mayores salarios de solo un 25% de lo que es sin estos dos efectos (solo salarios). Los beneficios son mayores por ambos efectos y decrecientes lógicamente con respecto al nivel de salarios, pero siendo casi el doble que en el caso de solo salarios.

Extensiones del Modelo

Algunas de las posibles extensiones del modelo analizado, son:

1. Patentes. Analizar el caso de patentes con duración de tiempo determinada (número de períodos determinados). En nuestro caso cuando suponemos la inexistencia de spillovers, implicaba 100% de patentes de duración infinita.
2. La introducción de licencias, que implican, la posibilidad de que el dueño de una patente pueda otorgar licencias de la misma a empresas determinadas, a un precio determinado.
3. Introducir rivalidad entre firmas de la misma industria. Esto es fácilmente realizable haciendo que la cantidad producida por cada empresa este determinada endógenamente, de acuerdo a su stock tecnológico. Disputando cada empresa un mayor market share, pudiendo así aumentar su cantidad producida y con esto sus beneficios.
4. Realizar el juego de manera simultánea.
5. En el modelo la introducción del gobierno o mejor dicho de la inversión extraindustria no le genera ningún tipo de costo a las empresas de la industria analizada. En este sentido se podrían introducir impuestos, para internalizar parte de los costos. Si bien, podría interpretarse que dicha inversión extraindustria es parte del esfuerzo que realiza la sociedad en su conjunto o en otras industrias, que no cae como costo en la misma.
6. Podría también introducirse el factor capital en la función de producción.
7. Introducir incertidumbre en los rendimientos de inversión en tecnología, esto es, hacer que los rendimientos de “m” sean estocásticos.

Conclusión

El modelo trata de captar el proceso de acumulación de conocimiento tecnológico por una industria determinada. Analizamos particularmente los efectos que tendría tanto la existencia de spillovers de las firmas vecinas, el rol de la inversión pública, como los efectos que tendría la existencia de diferencias salariales. Nos focalizamos en el caso de industrias en donde la capacidad de absorción requiere una inversión previa.

A partir de los resultados obtenidos en las distintas simulaciones, podemos concluir que el hecho de la existencia de spillovers afecta positivamente la acumulación tecnológica. De esta forma la implementación de patentes que eliminaran o redujeran al mínimo dichos spillovers, podría, contrariamente a lo imaginado, desincentivar la acumulación tecnológica.

Por otra parte la incorporación de la inversión extraindustria tuvo efectos también muy positivos sobre el nivel de acumulación promedio. Esto llevaría a pensar que la inversión pública en investigación y desarrollo, debería jugar un importante rol para el desarrollo tecnológico de los países atrasados.

La diferenciación salarial tuvo los efectos esperados de acentuar las diferencias entre regiones. Las zonas de mayores salarios relativos, típicamente de mayor nivel tecnológico, tienen más incentivos a seguir invirtiendo en tecnología, acentuando la ya desigual distribución de la misma.

Además, como característica común en todos los modelos, se verifica la clara existencia de líderes en stock de conocimiento. Por supuesto, se observa que la distribución de dicho stock es muy desigual entre firmas.

Bibliografía

- Cohen, Wesley M. and Levinthal Daniel (1989). “*Innovation and learning: The two faces of R&D*”. The Economic Journal, vol. 99 (Sep.), 569-596.
- Grossman, Gene M. and Shapiro, Carl (1987). “*Dynamic R&D competitions*”. The Economic Journal, vol. 97, No. 386 (June), 372-387.
- Nelson, Richard (1990). “*Capitalism as an engine of progress*”. Research Policy, vol. 19, 193-214.
- Nordhaus, William D. (1969). “*An economic theory of technological change*”. The American Economic Review, vol. 59, No. 2 (May), 18-28.
- Shapiro, Carl (1985). “*Patent licensing and R&D rivalry*”. The American Economic Review, vol. 75, No. 2 (May), 25-30.