



**Calculo del Retorno
Económico de Inversiones
en Ciencia, Tecnología e
Innovación: Metodología y
Evidencia Empírica.**

Santo Domingo, Mayo 2011

Gustavo Crespi

División de Ciencia y Tecnología, (SCL/SCT)

Contenidos

(I) Innovación y Desarrollo.

(II) Análisis Costo-Beneficio.

(III) Modelos Estructurales.

(IV) Evaluación Ex Post de Programas Públicos de CTI.

(V) Evidencia Empírica de Evaluaciones Ex Post

(VI) Conclusiones.

I. Innovación y Desarrollo

- La preocupación por entender la relación entre desarrollo e innovación tiene larga data (Griliches, 1958, Solow 1957). La mitad de las diferencias en niveles y tasas de crecimiento del ingreso per-capita se debe a diferencias en la PTF (Hall and Jones, 1999, Griliches, 1995, Guellec.et.al, 2004).
- Es la inversión en I+D la que causa la PTF y no al revés (Rouvinen, 2002).
- Modelos de crecimiento endógeno focalizan en la *decisión de inversión en I+D* como motor de la productividad (Romer, 1990, Aghion-Howitt,1992).
- Estimaciones de la tasas sociales de retornos a la I+D pueden llegar a valores del 40% (en la OECD) y 60% o mas en países en desarrollo (Hall.et.al, 2009)

I. Innovación y Desarrollo

- La innovación es afectada por diversos problemas que ocurren en forma conjunta (Aghion, et.al.2009).
 - Falta de apropiación (me pueden copiar).
 - Asimetrías de Información (financiamiento, el sistema financiero no sabe de innovación).
 - Elevada incertidumbre (tecnológica y de mercado).
 - Problemas de coordinación (ej, estándares, bienes públicos, activos complementarios, difusión, etc).
- Solucionar esto problemas requiere de múltiple instrumentos que engloban tanto políticas explícitas (ej. subsidio a I+D) como políticas implícitas (ej. competencia, educación, comercio, financiamiento, etc)→ **Es MUY IMPORTANTE** contar con un marco institucional que garantice la coordinación entre los diferentes niveles de políticas.

I. Análisis Costo-Beneficio

- **El análisis costo-beneficio y los modelos estructurales, buscan responder *ex-ante* las siguientes preguntas:**
 - (1) Es rentable invertir en CTI? Son las tasas de retorno sociales mayores que las privadas? (Ej: conviene mas invertir en CTI que en una carretera? El gobierno tiene que intervenir en esto? Importante al momento de diseñar programas nuevos y fijar prioridades.

- **La evaluación *ex-post* busca responder las siguientes preguntas:**
 - (1) En estricto sentido, busca determinar **si el programa funciona** (¿logro el programa los cambios esperados? Se les puede atribuir?)
 - (2) **En sentido más amplio, los hacedores de políticas quieren saber también porqué funciona (o no) el programa, y cuál es su efectividad.**

II. Análisis Costo-Beneficio

- Se basa en el análisis innovaciones puntuales. Es el enfoque mas común.
- A nivel mas “micro” son importantes para la asignación de recursos (Ej, sistema de fondos concursables requiere una evaluación exante de proyectos para adjudicar).
- Los estudios costo-beneficio parten con el trabajo seminal de Griliches et.al (1958) sobre la difusión del maíz híbrido (TIRs:40%). Luego Masfield et.al. (1977). Pregunta: *Cual era la rentabilidad social de la innovación en USA?* (NSF).
- Selección de una muestra (mas o menos aleatoria) de 17 innovaciones introducidas en el mercado entre 1950-1970. La evaluación es en 1977.
- Mansfield diferencia entre innovaciones de producto usadas por firmas, innovaciones de productos usadas por los hogares e innovaciones de proceso.

II. Análisis Costo-Beneficio

- El modelo básico es el siguiente. En el caso de innovación de productos usadas por firmas, los beneficios se deben medir el mercado de los usuarios. Si la innovación baja los costos de producción de los usuarios se tiene:

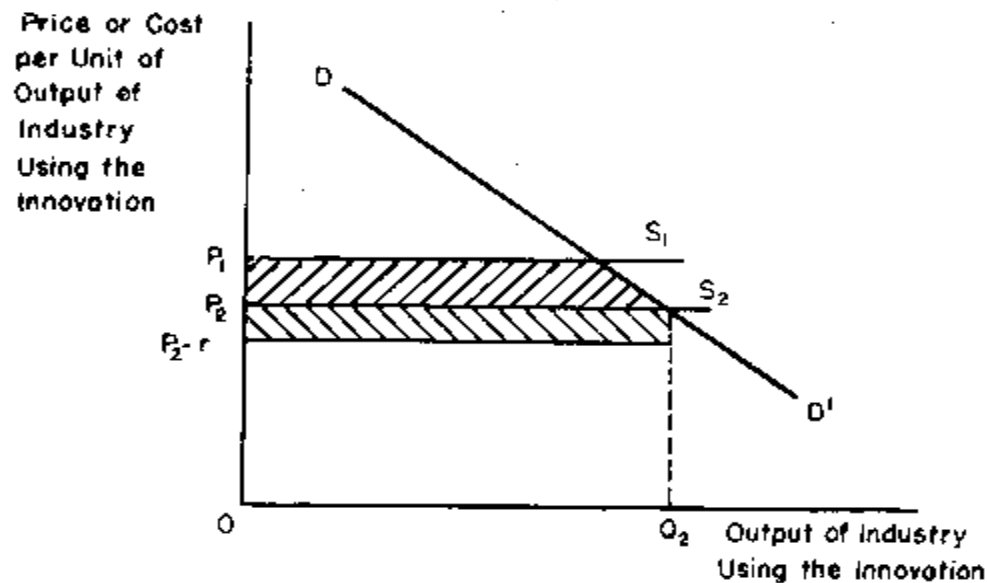


FIGURE I
Social Benefit from Product Innovation That Reduces the Costs of the Industry Using It

- El beneficio social es la suma de las dos áreas rayadas:
 - (excedente del consumidor) + ahorro de recursos (beneficios del Innovador)

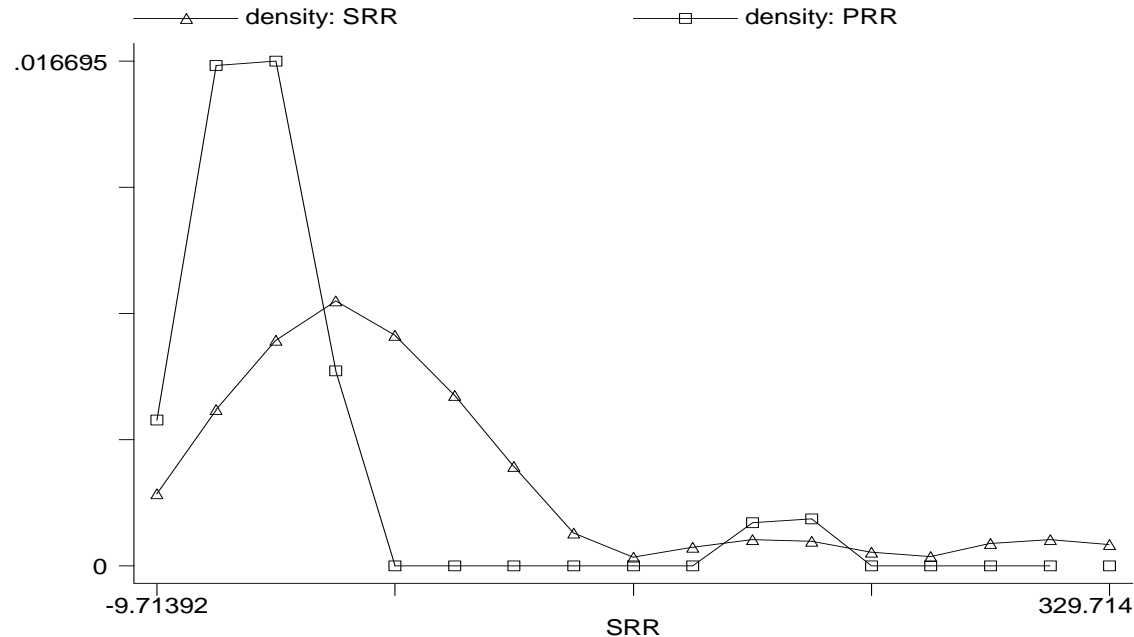


II. Análisis Costo-Beneficio

- El modelo básico requiere los siguientes ajustes:
 - Ajustar por el desplazamiento de otros productos (y previos innovadores) (negativo).
 - Ajustar por la presencia de imitadores.
 - Obtener estimaciones de la elasticidades de demanda.
 - Computar la inversión **TOTAL en I+D** y no solamente la del innovador (ya que otras firmas o organizaciones puedes haber invertido también para la misma innovación).
 - Ajustar por la posibilidad de que otro innovador podría haber llevado a cabo la misma innovación “mas tarde” que la fecha de la presente innovación, esto define el efecto adelantamiento.
 - El horizonte de evaluación va desde que se empieza la I+D y otras actividades de innovación en el proyecto hasta 1980 o hasta que la innovación es introducida en una fecha alternativa.
 - Esto permite estimar las tasa de retorno privada de la innovación, computando el flujo de caja del innovador (la parte de debajo de la figura) y la **I+D privada**.



II. Análisis Costo-Beneficio



- TIR social mediana del 56%, TIR privada del 25%. Con gran varianza.
- En cerca del 30% de las innovaciones la TIR privada termina siendo mas baja que el costo del capital (no se hubieran ejecutado si la firma lo hubiese anticipado).
- Se encuentra que la brecha social/privado es mayor para innovaciones de producto que proceso, para innovaciones radicales y con bajo costo de imitación.

III. Modelos Estructurales

- Modelos Estructurales. El modelo estructural mas simple es el de la *Función de Producción de Conocimiento (KPF)* (Griliches 1979) siguiente:

$$Y = AL^\alpha C^\beta K^\gamma [K^o]^\rho e^u \quad (1)$$

- Donde Y es producción, L trabajo, C capital físico, K capital de conocimiento interno y externo (entre corchetes). Tomando logs en (1), sacando primeras diferencias, usando la definición de elasticidad, y estimando sobre una muestra de firmas, uno tiene:

$$\Delta y_{it} = \lambda_t + \alpha \Delta l_{it} + \beta \Delta c_{it} + \rho \frac{(R_{it})}{Y_{it}} + \rho_o \frac{(\sum \varpi_{jt} R_{jt}^{i \neq j})}{Y_{it}} + \Delta u_{it} \quad (2)$$

- Asumiendo que la depreciación del conocimiento es nula ($\delta = 0$), supuesto no trivial, uno tiene la intensidad en I+D (o el esfuerzo en innovación de la firma). Mientras que ρ es la tasa de retorno privada de I+D y ρ_o es la tasa de retorno a la I+D externo .

III. Modelos Estructurales

- La aplicación de modelos estructural también requiere de responder diversos interrogantes.
 - La medición de los insumos (el problema de la doble contabilización de R&D, la medición de trabajo y el capital).
 - La elección de la tecnología de producción.
 - La medición del capital de conocimiento y su tasa de depreciación.
 - La presencia de diferentes “tipos” de R&D (básica, aplicada, desarrollo, etc)
 - Los problemas de estimación (simultaneidad, variables omitidas, efectos cíclicos, etc).
 - El computo de la I+D “externa” que requiere de pesos o ponderadores.
 - A pesar de esto la revisión de estudios de Hall, Mairesse y Mohnen (2010) encuentra resultados de tasas de retorno privadas de en el rango de **20%-30%**. Y tasa de retorno sociales desde **30% al 100%**

III. Modelos Estructurales

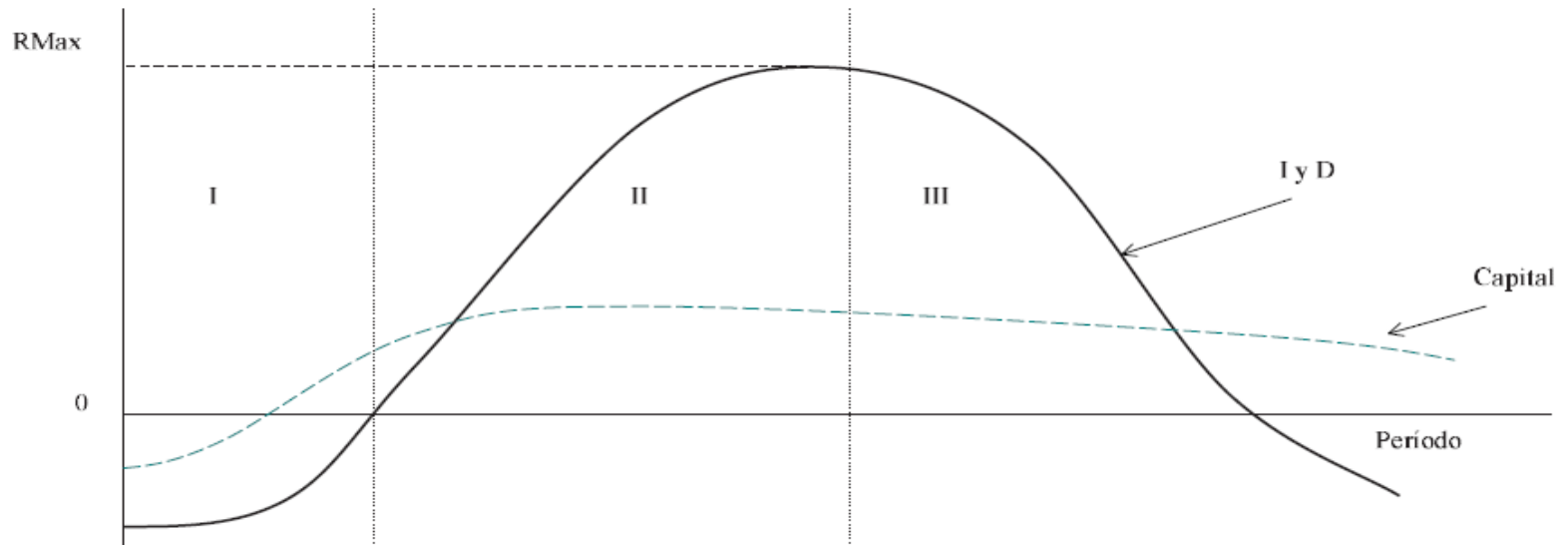
- Benavente et.al (2006) presenta una aplicación para el caso de Chile. Estiman una ecuación del siguiente tipo:

$$\Delta \ln(Y)_{it} = \rho^P \left(\frac{R}{Y} \right)_{it} + \rho^C \left(\frac{I}{Y} \right)_{it} + \beta \Delta \ln(L)_{it} + \eta_{it} + \omega_{it} + \nu_{it}$$

- Donde los rhos representan las tasas de retorno “privadas” a los retornos a la I+D y la inversión en capital respectivamente. Introduciendo rezagos al gasto en I+D para capturar efectos “aprendizaje” y “obsolescencia”, encuentra:
 - La tasa de retorno a la I+D de largo plazo es 54% (30%).
 - La tasa de retorno al capital de largo plazo es del 18% (16%).
 - La tasa de retorno de corto plazo a la I+D es “negativa”.

III. Modelos Estructurales

- El perfil de retornos se parece a algo como lo siguiente:



- Esto tiene implicancias importantes para la evaluación de políticas porque nos dice que para entender los programas de apoyo a la innovación mirar al corto plazo solamente puede que no sea muy informativo.

III. Modelos Estructurales

- Los métodos anteriores requieren del acceso a datos de panel (mas de una observación para cada firma). En corte transversal el modelo mas usado es el de Crepon, Duguet y Mairesse (CDM). El modelo trata de ver como diferencias en innovación se traducen en impactos en los niveles de productividad de las empresas.
- CDM plantea que las diferencias en productividad de las empresas (Q) se relacionan con las innovaciones introducidas (I), las que a su vez dependen de la inversión de la firma en innovación (K). CDM plantean un modelo donde estas tres variables están relacionadas en forma recursiva de la siguiente forma:

$$Q = f(Y, I) \quad (1)$$

$$I = g(Z, K) \quad (2)$$

$$K = h(X, C) \quad (3)$$

- Donde Y , K y C son determinantes exógenos de la productividad, los resultados de innovación y la inversión.



III. Modelos Estructurales

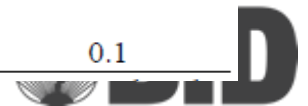
Table 5. Probability of Investing in Innovation (ID) and Intensity of Innovation Expenditure per Employee (IE)

	Argentina	Chile	Colombia	Costa Rica	Panama	Uruguay
ID (Probability of investing in innovation IE>0)						
Exporting	0.15 (0.03)***	0.11 (0.08)***	0.07 (0.01)***	-0.03 (0.16)	0.03 (0.17)	0.42 (0.43)
Foreign Ownership	0.11 (0.04)***	-0.01 (0.11)	0.02 (0.03)	0.04 (0.24)	0.16 (0.14)***	0.14 (0.06)**
Patent Protection	0.06 (0.06)	0.23 (0.16)***	0.10 (0.03)***	0.17 (0.28)***	0.33 (0.37)**	0.29 (0.14)**
Size	0.10 (0.01)***	0.10 (0.03)***	0.11 (0.01)***	0.11 (0.05)***	0.08 (0.04)***	0.17 (0.02)***

III. Modelos Estructurales

IE (Log Innovation expenditure per employee)

Exporting	0.031 (0.16)**	0.07 (0.18)	0.29 (0.07)***	-0.07 (0.24)	0.12 (0.42)	0.21 (0.20)
Foreign Ownership	0.59 (0.17)***	-0.20 (0.25)	0.88 (0.09)***	0.01 (0.36)	0.64 (0.38)***	0.33 (0.25)
Patent Protection	0.22 (0.24)	0.07 (0.23)	0.2 (0.15)	0.52 (0.29)***	-0.24 (0.75)	0.05 (0.21)
Co-operation in R&D	0.19 (0.15)	0.33 (0.23)	0.24 (0.1)**	0.18 (0.18)	1.34 (0.42)***	0.57 (0.2)***
Public Financial Support	0.39 (0.24)	0.79 (0.21)***	0.81 (0.08)***	1.94 (0.84)**	-0.16 (0.62)	0.62 (0.49)
Market information sources (INFO1)	-0.18 (0.35)	-0.16 (0.29)	0.55 (0.14)***	0.11 (0.36)	0.41 (0.42)	0.6 (0.43)
Scientific Sources (INFO2)	-0.16 (0.24)	-0.01 (0.31)	-0.08 (0.17)	0.39 (0.22)*	0.23 (0.57)	-0.15 (0.32)
Other Spillovers (INFO3)	0.59 (0.36)*	0.44 (0.29)	1.22 (0.22)***	-0.17 (0.32)	-1.47 (0.74)**	-0.33 (0.42)
Observations	1192	1151	5934	352	481	813
Wald χ^2	44.77***	75.92***	620.63***	33.05***	29.82**	43.40***
Log Pseudo Likelihood	-1927.83	-1732.29	-11976.11	-656.65	-753.69	-1168.62
Wald test of Independence ($\rho=0$)	5.48**	26.18***	9.23***	38.32***	25.02***	0.1



III. Modelos Estructurales

**Table 6. Probability of Technological Innovation
(TI: Introduction of Product or Process Innovation)**

	Argentina	Chile	Colombia	Costa Rica	Panama	Uruguay
IE_p (predicted Innovation expenditure per employee)	0.26 (0.04)***	1.16 (0.18)***	0.43 (0.03)***	0.18 (0.06)***	0.36 (0.08)***	0.52 (0.09)***
Size	0.10 (0.01)***	0.09 (0.01)***	0.07 (0.01)***	0.08 (0.02)***	0.06 (0.015)***	0.16 (0.02)***
Exporting	0.01 (0.04)	-0.18 (0.07)**	-0.04 (0.02)**	0.15 (0.06)**	-0.06 (0.07)	-0.05 (0.05)
Foreign Ownership	-0.16 (0.05)***	0.22 (0.05)***	-0.44 (0.04)**	0.11 (0.09)	-0.29 (0.08)***	-0.03 (0.06)
Observations	1192	1151	5934	352	481	813
Wald χ^2	175.45***	169.47***	466.44***	36.85***	64.49***	188.68***
Log Pseudo Likelihood	-699.76	-592.92	-3361.15	-223.3	-276.49	-422.46
Pseudo R²	0.14	0.26	0.13	0.08	0.13	0.21
Observed probability	0.58	0.50	0.64	0.47	0.38	0.37
Predicted probability (values at means)	0.59	0.56	0.67	0.47	0.38	0.35

III. Modelos Estructurales

Table 7. The Impact of Innovation on Labor Productivity (Y: Log Sales per Employee)

	Argentina		Chile		Colombia		Costa Rica		Panama		Uruguay	
Technological Innovation (TI_p)	0.24		0.60		1.92		0.63		1.65		0.8	
	(0.14)*		(0.25)**		(0.32)***		(0.76)		(0.55)***		(0.24)***	
IE_p (predicted Innovation expenditure per employee)		0.41		0.20		0.61		0.07		0.69		0.45
		(0.05)***		(0.13)**		(0.07)***		(0.19)		(0.12)***		(0.11)***
Size	0.02	-0.01	0.03	0.06	0.18	0.27	-0.35	-0.29	0.05	0.08	-0.001	0.09
	(0.04)	(0.03)	(0.04)	(0.03)**	(0.04)***	(0.04)***	(0.092)***	(0.06)***	(0.07)	(0.06)	(0.05)	(0.05)*
Non Technological Innovation	0.09	0.06	-0.08	-0.22	0.3	0.31	-0.17	-0.16	0.05	-0.01	-0.09	-0.09
	(0.05)*	(0.05)	(0.10)	(0.08)	(0.09)***	(0.08)***	(0.15)	(0.16)	(0.16)	(0.15)	(0.08)	(0.08)
Capital per employee	0.09	0.08	0.04	-0.02	0.28	0.27			0.03	0.03	0.31	0.30
	(0.01)***	(0.01)***	(0.19)	(0.21)	(0.03)***	(0.03)***			0.01**	0.01**	0.02***	0.02***
Obs.	1192	1192	1151	1151	5934	5934	352	352	481	481	759	759
Fisher	28.84***	36.88***	12.36***	11.94***	39.54***	42.92***	4.67***	4.43	10.23***	12.47***	32.04***	30.49***
R²	0.17	0.21	0.13	0.14	0.17	0.17	0.1	0.1	0.015	0.2	0.40	0.40

Note: Bootstrapped standard errors in parentheses (100 replications). The variable used to proxy for physical capital is investment made during the period considered for Argentina, Chile, and Panama. Uruguay and Colombia use the stock of physical capital.



Banco Interamericano de Desarrollo / www.iadb.org

