

# **Impacto Económico Agregado de la Investigación y Extensión Agropecuaria en Colombia**

*Luis Romano O.*

---

---

## **Introducción**

Desde 1963, cuando se creó el Instituto Colombiano Agropecuario -ICA- como organismo público encargado de llevar a cabo las actividades de investigación y extensión agropecuaria, se ha generado en el país un apreciable cuerpo de conocimientos, los cuales representaban hasta 1982, información técnica para 208 especies, de las cuales 88 son cultivos, 75 forrajes y 25 especies animales. Dicho cuerpo de conocimientos está contenido en 6.828 referencias bibliográficas, cuya composición es: 49% sobre cultivos, 29% especies animales, 13% sobre economía y soporte general y 9% sobre astos. Desde 1963 hasta 1980 se desarrollaron también 227 variedades mejoradas.

Lo anterior, que puede considerarse como indicador del desarrollo tecnológico endóctono colombiano en el sector agropecuario (o por lo menos, de la oferta tecnológica generada en el país), ha sido evaluado sólo parcialmente desde el punto de vista económico y social. Así, se tienen las siguientes estimaciones de la rentabilidad social e las inversiones estatales en investigación a través del ICA, expresadas a través de las respectivas tasas internas de retorno: arroz 58%, soya 79%, trigo 11%, papa 68%, caña 53% y palma africana 30%.

Estas tasas internas de retorno se comparan favorablemente con las obtenidas en otros países e indican un buen nivel de rentabilidad económica y social para los fondos que ha invertido el Estado en estas actividades.

A pesar de que el apreciable cuerpo de conocimientos generados por el sistema de investigación pública y las evaluaciones parciales de algunos cultivos reflejan un buen desempeño del sistema público en investigación y extensión, la financiación de este

sistema, en términos reales, se ha caracterizado por una alta inestabilidad en sus fuentes de financiación.

Así mismo, no existe un estudio que evalúe en forma agregada y directa el comportamiento del sistema desde el punto de vista de la rentabilidad económica y social de los fondos invertidos por el Estado en investigación y extensión agropecuaria.

El presente trabajo busca llenar este vacío, proporcionando un marco conceptual y empírico para evaluar, en una forma agregada, el impacto económico y social de estas inversiones estatales; la importancia de tener tal conocimiento para la asignación de recursos estatales se basa en el hecho que no se conoce si la ausencia de una evidencia económica global actúa como un desincentivo para expandir las inversiones en investigación agropecuaria o por el contrario, si la ausencia de una mayor inversión se debe a un modesto grado de desempeño del sistema público de investigación agropecuaria.

Especificamente, se pretende calcular varios indicadores del desempeño del sistema público de investigación y extensión agropecuaria; en especial la Tasa Interna de Retorno Agregada. La hipótesis de trabajo que guía esta investigación y que se desea explorar en mayor profundidad es la de que la asignación de fondos a la investigación y extensión agropecuaria en Colombia ha estado por debajo de su nivel óptimo, es decir que ha habido subinversión en las mismas.

## II. Materiales y métodos

Para la estimación de los parámetros e indicadores de la rentabilidad social agregada de las inversiones en investigación y extensión se usan dos tipos de modelos: uno de tipo econométrico en el cual la variable dependiente es la productividad agropecuaria agregada y las variables explicatorias son los gastos en investigación y extensión, el clima y la educación agropecuaria. El otro modelo es no econométrico, en el cual la productividad agropecuaria es un factor determinante del nivel de uso de los factores de la producción.

### A. *Modelo econométrico*

En el modelo econométrico, los beneficios de la investigación y extensión se basan en la productividad marginal de los gastos en investigación y extensión.

Aún cuando teóricamente es posible separar los efectos de los gastos en investigación de los gastos en extensión, se consideran *a priori* como una sola variable y luego *a posteriori* se determina la contribución de cada uno de ellos, con el fin de evitar el problema de multicolinealidad que usualmente se presenta en los modelos que utilizan series de tiempo. También es posible incluir los gastos privados en investigación, pero su cuantía no es muy bien conocida, por lo menos para un período de más de 20 años.

En el modelo econométrico, los cambios en la productividad agregada, o, alternativamente, en la producción agropecuaria agregada actual (período  $t$ ), es explicada o depende de los gastos en investigación y extensión hechos en períodos pasados (período  $t-j$ ); de la educación agropecuaria en el período corriente y del efecto del clima en el

periodo corriente, siendo éstas las variables más significativas a nivel agregado, entre muchas otras, que afectan la productividad agropecuaria. La formulación del modelo es a siguiente:

$$IP_t = IE_t \prod_{j=0}^n GIP\mu_{t,j}^{\alpha_j} e^{\mu_t + IC_t^\beta} \quad (1)$$

Donde:

- $IP_t$  = Indice de Productividad o Producción Agropecuaria Agregada en el período  $t$ .
- $IE_t$  = Indice de Educación Agropecuaria (número de egresados sobre número total de matriculados) en el período  $t$ .
- $GIP\mu_{t,j}$  = Gasto público en investigación y extensión agropecuaria en el período  $t-j$ , en términos reales (1970 = 100).
- $IC_t$  = Indice de la influencia del clima en el período  $t$ . Se considera como una variable estocástica en el modelo.
- $\mu_t$  = Término de error.
- $\gamma, \alpha_j, \beta$  = Parámetros a estimar.
- $e$  = Base de logaritmo natural.
- $t$  = Período de tiempo (1960-1982)

Para poder aplicar el método de los mínimos cuadrados ordinarios en la estimación del modelo (1) es necesario linealizarlo, lo cual se puede realizar de la siguiente manera:

$$\ln IP_t = \gamma \ln IE_t + \sum_{j=0}^n \alpha_j \ln GIP\mu_{t,j} + \mu_t + \beta IC_t \quad (2)$$

Con el fin de reducir *a priori* problemas de autocorrelación en los términos de error, el anterior modelo se transforma en uno autorregresivo de primer orden, dando como resultado la ecuación (3).

$$\begin{aligned} \ln IP_t - e \ln IP_{t-1} &= \gamma (\ln IE_t - e \ln IE_{t-1}) + \alpha_j (\ln GIP\mu_{t,j} - e \ln GIP\mu_{t-1,j}) + \beta (IC_t - e IC_{t-1}) \\ &\quad + (\mu_t - e \mu_{t-1}) \end{aligned} \quad (3)$$

Donde:

- $e$  = Coeficiente de autocorrelación.

De este último modelo se obtiene lo siguiente:

- Mediante el uso de la técnica de Almon para la estimación de parámetros con retardo, conocida como "retardos polinómicamente distribuidos", es posible estimar el comportamiento de  $\alpha_j$  en el tiempo; empleando la ecuación (4)

$$IP_t = \alpha_0 GIP\mu_{t,0} + \alpha_1 GIP\mu_{t,1} + \alpha_2 GIP\mu_{t,2} + \dots + \alpha_n GIP\mu_{t,n}; \quad \sum_{j=0}^n \alpha_j \quad (4)$$

- Elasticidad de la productividad o producción agropecuaria con respecto a los gastos públicos en investigación y extensión<sup>1</sup>, la cual, dada la estructura logarítmica del modelo, es igual a:

$$\epsilon P_t / GIP\mu = \frac{\partial \ln IP_t}{\partial \ln GIP\mu_{t,j}} = \frac{\partial IP_t}{\partial GIP\mu_{t,j}} \cdot \frac{GIP\mu_{t,j}}{IP_t} = \alpha_j \quad (5)$$

- Calcular el valor del Producto Marginal de los gastos públicos en investigación y extensión agropecuaria (PM).

$$PM_j = \frac{\partial Q_t}{\partial GIP\mu_{t,j}} \approx \frac{\partial IP_t}{\partial GIP\mu_{t,j}} \times \frac{\partial Q_t}{\partial IP_t} \approx \frac{\partial IP_t}{\partial GIP\mu_{t,j}} \cdot \frac{GIP\mu_{t,j}}{IP_t} \cdot \frac{IP_t}{GIP\mu_{t,j}} \cdot \frac{\partial Q_t}{\partial IP_t} \quad (6)$$

$$PM_j = \alpha_j \frac{IP_t}{GIP\mu_{t,j}} \frac{\partial Q_t}{\partial IP_t}$$

Donde:

$Q_t$  = Valor de la producción agropecuaria en el período t.

El producto marginal para cada año se calcula multiplicando el coeficiente de regresión  $\alpha_j$  por la razón del promedio de la productividad sobre el promedio de los gastos en investigación. El producto marginal de largo plazo se define como la sumatoria de todos los productos marginales parciales, es decir:

$$PM = \sum_{j=0}^n PM_j$$

- Estimar la Tasa Marginal Interna de Retorno (TMIR)

$$\sum_{j=1}^n \alpha_j \left( \frac{\overline{Q_t}}{\overline{GIP\mu_{t,j}}} \right) \cdot \frac{1}{(1 + TMIR)^j} - 1 = 0 \quad (7)$$

donde las barras significan medias geométricas.

---

1. Dicha elasticidad se define como el cambio porcentual en la productividad como consecuencia de un cambio en 1% en los gastos públicos en investigación y extensión agropecuaria.

### 1. Modelo no econométrico

En el modelo no econométrico, los beneficios de la investigación se definen como el ahorro de los factores de la producción ahorrados en el proceso de producción, por el hecho de estar usando las técnicas generadas por la investigación y no las de un período anterior. Es decir, si no se genera la tecnología, la economía tendría que emplear técnicas menos productivas y por lo tanto emplear más factores productivos para producir la misma cantidad de producto. En esta formulación, el ahorro de insumos es función del nivel de productividad agregado y del valor de los insumos empleados en el período corriente.

Es decir que:

$$S_t = T(IP_t, I_t) \quad (8)$$

$$S_t = I_t P^*_t \quad (9)$$

$$P^*_t = \frac{(IP_t - IP_0)}{IP_0} \quad (10)$$

Donde:

$S_t$  = Valor de los recursos ahorrados en el año t.

$I_t$  = Valor total de los recursos empleados en año t.

$P^*_t$  = Incremento proporcional de los insumos en el año t con relación a la productividad del año base.

$IP_t$  = Índice agregado de productividad en el año t.

$IP_0$  = Índice agregado de productividad en el año base.

Del modelo anterior es posible estimar lo siguiente:

- El volumen de recursos ahorrados por efecto de la investigación y extensión.

- La Tasa Promedia Interna de Retorno (TPIR).

$$TPIR = \sum_{t=0}^T F_t / (I + i)^t = 0 \quad (11)$$

$$TPIR = \sum_{t=0}^T S_t (I + i)^t - \sum_{t=0}^T C_t (I + i)^t = 0 \quad (12)$$

Donde:

$C_t$  = Gastos en investigación y extensión en el período actual.

$i$  = Costo de oportunidad del capital.

$F_t$  = Ahorro de recursos menos gastos en investigación y extensión en el período actual.

- La Tasa Externa de Retorno (TER).

Esta se define como la tasa de retorno obtenida en el futuro después del último año de estimación (1982).

$$TER = \frac{A + PAF}{VPC} \quad (13)$$

Donde:

A = Retornos pasados expresados en flujo anual.

PAF = Promedio anual futuro del flujo de retorno.

VPC = Valor presente de los gastos en investigación y extensión.

- La Relación Beneficios-Costo (B/C).

$$B/C = \frac{TER}{100i}$$

i = Tasa de descuento.

### III. Resultados y discusión

#### A. Modelo econométrico

La información para la estimación del modelo fue tomada de Romano quien construyó los índices de productividad y producción agropecuaria agregada: El de educación agropecuaria y el del clima. Además presenta la información sobre gastos públicos en investigación y extensión agropecuaria a través del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA.

Dado que uno de los usos posteriores del modelo estimado es la predicción, se seleccionó como variable dependiente el Índice del Valor Total de la Producción en vez del Índice de Productividad Agregada, debido a que los coeficientes de las variables educación y clima tienen un nivel de significancia mayor en el primer caso y también porque el coeficiente de los gastos de investigación y extensión es virtualmente el mismo, además del alto grado de correlación entre los dos índices.

Los resultados del modelo estimado se presentan en el Cuadro 1.

El modelo de retardo escogido fue el de 12 años, puesto que fue el que presentó el menor valor de Error Estándar de Estimación (EES). Usando la técnica de estimación de variables con retardo de Almon fue posible obtener la distribución en el tiempo del

**Cuadro 1****CONTRIBUCION DE LOS GASTOS EN INVESTIGACION Y EXTENSION A LA PRODUCCION AGREGADA. COLOMBIA 1960-1982**

<b>Variables explicatorias</b>	<b>Coeficientes de regresión</b>
$\ln IE_t - \ln IE_{t-1}$	0.226 (2.38874)**
$IC_t - IC_{t-1}$	0.030 (1.966.25)*
$\ln GIP\mu_t - e\ln GIP\mu_{t-1}$	0.00622 <sup>a/</sup>
$\ln GIP\mu_{t-1} - e\ln GIP\mu_{t-2}$	0.01141
$\ln GIP\mu_{t-2} - e\ln GIP\mu_{t-3}$	0.01556
$\ln GIP\mu_{t-3} - e\ln GIP\mu_{t-4}$	0.01867
$\ln GIP\mu_{t-4} - e\ln GIP\mu_{t-5}$	0.02074
$\ln GIP\mu_{t-5} - e\ln GIP\mu_{t-6}$	0.02178
$\ln GIP\mu_{t-6} - e\ln GIP\mu_{t-7}$	0.02178
$\ln GIP\mu_{t-7} - e\ln GIP\mu_{t-8}$	0.02074
$\ln GIP\mu_{t-8} - e\ln GIP\mu_{t-9}$	0.01867
$\ln GIP\mu_{t-9} - e\ln GIP\mu_{t-10}$	0.01556
$\ln GIP\mu_{t-10} - e\ln GIP\mu_{t-11}$	0.01141
$\ln GIP\mu_{t-11} - e\ln GIP\mu_{t-12}$	0.00622
n	
$\sum_{j=0}^n \alpha_j^{b/}$	0.18877
$R^2d/$	0.98345
EES <sup>d/</sup>	0.03457
DW <sup>e/</sup>	1.63375
e <sup>f/</sup>	0.92960
F <sup>g/</sup>	417.1964

a/ Los coeficientes son significativos al nivel del 1% de significancia.

b/ Suma de los coeficientes de investigación y extensión.

c/ Coeficiente de determinación ajustada.

d/ Error Estándar de la estimación.

e/ Estadístico Durbin-Watson.

f/ Coeficiente Autorregresivo de Primer Orden.

g/ Valor del estadístico F de la regresión.

Las cifras entre paréntesis son los valores del estadístico "t".

\* Significativo entre los niveles del 5% y el 10% de significancia.

\*\* Significativo al nivel del 5% de significancia.

impacto de los gastos en investigación y extensión en la producción, la cual alcanza su máximo entre los seis y siete años y luego desaparece después del año 12.

El coeficiente agregado de la variable gastos en investigación y extensión es de 0.18877, el cual es equivalente a la elasticidad de la producción con respecto a los gastos en investigación y extensión y significa que un uno por ciento (1%) de aumento en los gastos de investigación y extensión en términos reales (1970=100), aumenta la producción agropecuaria en 0.19% durante toda la vida.

La educación es también significativa en el modelo, cuyo coeficiente es 0.23%, lo cual significa que un incremento del 1% en la educación agropecuaria, genera un aumento en la producción agropecuaria del 0.23%. Igual interpretación tiene el coeficiente para la influencia del clima, el cual fue del 0.03%.

El valor de  $\bar{R}^2$  (coeficiente de determinación ajustada) indica que el modelo trabaja bien para explicar las variaciones en el índice del valor de la producción agropecuaria; el estadístico Durbin-Watson sugiere la no existencia de correlación serial. La prueba de F, acerca de la hipótesis nula de que todos los coeficientes de regresión son iguales a cero, es rechazada al uno por ciento de nivel de significancia.

Con el objeto de observar el efecto monetario de los gastos en investigación y extensión sobre la producción se calculó el valor del producto marginal de estas variables, el cual fue de \$40.81. Esto es, un peso adicional invertido en investigación y extensión agropecuaria incrementa el valor de la producción en \$40.81. Por ejemplo, si las apropiaciones para investigación y extensión fueran incrementadas en \$100 millones, en términos reales, la producción agropecuaria podría incrementarse, *Ceteris paribus*, en \$4.081 millones. Este retorno marginal surge en un período de varios años, de tal manera que para permitir las comparaciones es necesario expresar la tasa de retorno sobre una base anual.

La Tasa Marginal Interna de Retorno calculada fue del 85.55%. Sin embargo, para evitar sobreestimar la contribución del sector público es necesario descontar la participación de los gastos en investigación para el sector privado, parte de cuyos beneficios se obtienen a través del precio de los insumos. Desafortunadamente la serie completa de tales gastos no es muy bien conocida. Aquí se utiliza como indicador el gasto en investigación en café reseñados por García y Montes y que constituye el 20% del gasto del ICA en el resto de programas. Con este ajuste, la Tasa Marginal Interna de Retorno llega a ser del 71%.

Usando un procedimiento similar, es decir, tomando en cuenta la proporción del gasto en investigación y extensión, se determinó que la Tasa de Retorno para la investigación es del 50% y para la extensión del 21%. Ambas tasas se comparan favorablemente con la obtenida en otros países e indican una apreciable contribución de la investigación y extensión al aumento del producto agropecuario del país.

Adicionalmente, este resultado es suficiente para aceptar la hipótesis central del estudio, es decir, que existe un proceso de subinversión pública en investigación y extensión agropecuaria, el cual es evidente al comparar las Tasas Internas de Retorno

obtenidas con el costo de oportunidad del capital público en Colombia, el cual ha sido estimado en 10%.

Por otra parte, proyectando el índice del valor de la producción bajo tres diferentes escenarios tecnológicos, se obtiene lo siguiente: a) bajo el escenario de baja tecnología, o sea aquel caracterizado por cero por ciento (0%) en el crecimiento de los gastos en investigación y extensión, el índice de productividad caería -0.7% por año, de 1982 a 1992; b) en el escenario tecnológico histórico, un crecimiento del 5% en los gastos en investigación y extensión generaría un crecimiento del 4.6% en el valor de la producción; y c) en el escenario de alta tecnología, o sea aquel caracterizado por una tasa de crecimiento anual del 10% en términos reales en los gastos en investigación y extensión, generaría un crecimiento del 5.9% en el valor de la producción agropecuaria. Esto último también indica retornos marginales decrecientes a los gastos de investigación y extensión.

#### *B. Modelo no econométrico*

El valor de los factores de la producción usados en el período 1960-1982 y el valor de los insumos ahorrados por el proceso de cambio tecnológico fueron calculados por Romano. En el Cuadro 2 se presentan los principales resultados obtenidos con el uso de esta metodología.

La Tasa Promedio Externa de Retorno de 141% significa que existe un 10% de retorno sobre las inversiones en investigación y extensión hasta el año 1982 y un retorno de 141% después de dicho año. Esta tasa está estrechamente relacionada con la relación beneficio-costo, la cual indica también en el presente caso un alto retorno para las inversiones públicas en investigación y extensión (de 14:1). La Tasa Promedio Interna de Retorno significa que, en promedio, cada peso invertido en investigación y extensión rinde más del 50% anual desde la fecha de la inversión (1960). El valor de los recursos de la producción ahorrados por el cambio tecnológico se puede interpretar como un excedente económico generado en el sector agropecuario para fines de consumo, ahorro o inversión, tanto en el sector agropecuario como en el sector urbano.

### **IV. Conclusiones y recomendaciones**

El estudio realizado indica una importante contribución hecha por la investigación y extensión para obtener los niveles de producción y productividad agropecuaria alcanzados por Colombia en el pasado. Sin embargo, también se demostró un alto nivel de subinversión de estas actividades, lo cual se deduce del hecho de que la Tasa Marginal Interna de Retorno es cinco veces el costo de oportunidad del capital público. Ello significa, además, que la investigación y la extensión agropecuaria han sido una buena inversión para el país, en comparación con otras alternativas de inversión pública.

El proceso de subinversión puede ser tan serio que cuando se proyectó el índice del valor de la producción bajo un escenario de baja tecnología, como puede ser aquel caracterizado por 0% de la tasa de crecimiento en los gastos reales de investigación y extensión, su tasa de crecimiento anual llegaría a ser de -0.7%. Por lo tanto, se deben

### Cuadro 2

#### TASA PROMEDIO DE RETORNO (INTERNA Y EXTERNA) DE LA INVESTIGACION Y EXTENSION CIFRAS DESCONTADAS AL 10%

(millones de pesos)

1.	Valor de los insumos ahorrados (sin descontar)	\$ 72.936
2.	Retornos pasados acumulados	15.401
3.	Retornos pasados en forma de flujo anual <sup>a</sup>	1.540
4.	Retorno anual futuro <sup>b</sup>	144
5.	Retorno total anual <sup>c</sup>	1.684
6.	Gastos acumulados en investigación y extensión	1.190
7.	Tasa Externa de Retorno <sup>d</sup>	141%
8.	Relación Beneficio-Costo	14:1
9.	Tasa Interna de Retorno	+ 50%

- a. Definido como retornos pasados acumulados por el costo de oportunidad del capital ( $i = 0, 10$ ).
- b. Definido como el valor descontado del ahorro de insumos, en T años después del comienzo de la investigación (1960), el cual permanece constante perpetuamente  $1287.3 / (1+i)^{23} = 1287.3 / 8.9543 = 144$ .
- c. Rubro 3 más rubro 4.
- d. Rubro 5 dividido por el rubro 6.

---

Fuente: Cuadro elaborado a partir de los resultados calculados por Romano.

---

tomar las acciones para evitar situaciones como ésta. Por ejemplo, con tasas de crecimiento entre 5% y 10% (alta tecnología) sería posible obtener tasas de crecimiento en la producción del 4.6% y 5.9% respectivamente, lo cual estaría más acorde para que el sector agropecuario contribuya a las metas nacionales de autosuficiencia alimentaria, generación de divisas, empleo, nutrición e inflación por el resto de la década.

Otro aspecto que los administradores y los que diseñan la política deben tener en cuenta es el retardo con que la investigación y extensión comienzan a impactar la producción. Se encontró que este efecto es pequeño inicialmente, alcanza su máximo alrededor del sexto y séptimo año y luego declina del año 12 en adelante. Después de este año, el efecto es despreciable.

Los efectos calculados tanto por el modelo econométrico como por el no econométrico se pueden considerar como efectos directos del cambio técnico sobre la producción agropecuaria. Sin embargo, quedan un sinnúmero de efectos indirectos y secundarios por estudiar, tales como los efectos sobre el empleo, nutrición, ingresos, tanto en el sector agropecuario como fuera de él; se recomienda por lo tanto, realizar estudios en esta dirección. También se recomienda a otros investigadores realizar estudios con un nivel e agregación menor, por ejemplo, por grupos de cultivos o especies animales.

### Bibliografía

- Immonen, S. 1965. "The distributed lag between capital appropriations and expenditures". *Econometrica*. 33: 78-196.
- Ragón, J.; Forero, L.F. 1976. "Estudio socioeconómico de las inversiones realizadas en investigación y desarrollo de la palma africana de aceite en Colombia". *Revista ICA*. 11(3): 243-256.
- Rodríguez, V.J. 1973. *Rentabilidad Social de las Inversiones en Investigación de Arroz en Colombia*. Tesis M.S. Programa para Graduados ICA-Universidad Nacional (s.e.), Bogotá.
- Sarberger, E. 1969. "La tasa de rendimiento del capital en Colombia". *Revista de Planeación y Desarrollo*. Colombia, octubre 1969: 21-53.
- Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. 1984. "Plan nacional de transferencia de tecnología, PLANTRA". Informe Técnico No. 1, Bogotá.
- Saramillo, F. 1976. "Evaluación económica de las inversiones en la investigación sobre el cultivo de la caña de azúcar". Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. División de Estudios Socioeconómicos. *Boletín de Investigación* No. 42, Bogotá.
- Johnston, J. 1984. *Econometric Methods*. Tercera Edición. McGraw-Hill, Nueva York.
- León, M. 1978. *Evaluación Económica de las Inversiones Estatales en la Investigación sobre el Cultivo de la Papa*. Tesis profesional Universidad La Gran Colombia. (s.e.), Bogotá.
- Iontes, Ll., G. 1973. *Evaluación de un Programa de Investigación Agrícola: El Caso de la Soya*. Tesis M.S. Universidad de los Andes. (s.e.) Bogotá.
- Marcía, J. ; Montes, G. 1986. *The Political Economy of Agricultural Pricing Policy: Colombia, Part II. The Effects of Price Interventions*. World Bank Project NRTO-673-64. Unpublished Semifinal Draft. Bogotá.
- Ormano, O.L. 1987. *Economic Evaluation of the Colombian Agricultural Research System*. Thesis Ph.D. Oklahoma State University (s.e.), Stillwater, Oklahoma.
- Suttan, V. 1986. "Technical change and innovation in agriculture". p. 333-356. in: *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Development*. L. Landau; N. Rosenberg (eds). National Academic Press, Washington, D.C.
- Rojas, C. 1974. Rendimiento Económico de la Investigación en Trigo en Colombia. Tesis M.S. ICA-Universidad Nacional (s.e.), Bogotá.