



**LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA  
INVESTIGACION AGRICOLA GUBERNAMENTAL  
EN GRANOS BASICOS:  
EL CASO DEL ICTA EN MAIZ Y ARROZ  
EN GUATEMALA, 1973-1990**



**Mamerto Reyes Hernández**

## **Junta Directiva del ICTA**

Jorge Escoto, Ministro de Agricultura

Rubén Lemus, Ministerio de Finanzas Públicas

Carlos González, Viceministro de Economía

Byron Morales Barrientos, SEGEPLAN

Victor Hugo García, Sector Privado Agrícola

Edgar Franco Rivera, Decano Facultad de Agronomía,  
Universidad de San Carlos

Wotzbelí Méndez Estrada, Gerente General del ICTA

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas es la institución de derecho público responsable de generar y promover el uso de la ciencia y la tecnología agrícolas en el sector respectivo. En consecuencia, le corresponde conducir investigaciones tendientes a la solución de los problemas de explotación racional y agrícola que incidan en el bienestar social; producir materiales y métodos para incrementar la productividad agrícola; promover la utilización de la tecnología a nivel del agricultor y del desarrollo rural regional, que determine el sector público agrícola.

Artículo 3o. del Decreto Legislativo 68-72, Ley Orgánica del ICTA

### **Cita correcta:**

Reyes Hernández, Mamerto (2001) La rentabilidad social de la investigación agrícola gubernamental en granos básicos: el caso del ICTA en maíz y arroz en Guatemala, 1973-90. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas.

**Tiraje:** 500 ejemplares

**Diseño de portada:** William Quemé Fuentes, ICTA.

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas – I C T A -  
Km. 21.5 Carretera hacia Amatitlán, Bárcena, Villa Nueva, Guatemala, Guatemala, C.A.

Teléfono (502) 6305696, FAX (502) 6305695

**Email del autor:** mrhdz@zipmail.com

**INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS  
-ICTA-  
SECTOR PUBLICO AGRICOLA**

**LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA INVESTIGACION AGRICOLA  
GUBERNAMENTAL EN GRANOS BASICOS: EL CASO DEL  
ICTA EN MAIZ Y ARROZ EN GUATEMALA, 1973-90**

**Mamerto Reyes Hernández**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2001**

## PRESENTACION

Los resultados de la investigación, como generadora de conocimientos científicos o adaptadora de los mismos, constituyen un insumo importante de la producción de bienes y servicios. La nueva tecnología eleva el rendimiento derivado de los factores de producción o reduce los coeficientes de factor por unidad de producto. En ambos casos, el efecto se percibe en menores costos de producción. Sin embargo, aunque parece obvio, este efecto es invisible para el ciudadano común, más en el caso de la agricultura en donde las mayores o menores producciones fácilmente pueden asociarse al régimen de lluvias. En Guatemala, los investigadores del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) han trabajado en el desarrollo de germoplasma mejorado y prácticas agronómicas para un grupo numeroso de cultivos de consumo interno y algunos no tradicionales de exportación, y muy pocas personas diferentes a los agricultores saben de estos logros.

Siempre he tenido en mente que es necesario documentar los impactos y divulgarlos, no necesariamente para darnos a conocer como institución, sino para que el ciudadano común y corriente se entere de los productos obtenidos de sus contribuciones fiscales y sobretodo, para que conozca la capacidad de los científicos nacionales.

En 1995 recluté a Mamerto Reyes Hernández, un antiguo investigador del ICTA y autor del trabajo que acá presentamos, para que realizara una serie de estudios que permitieran determinar los impactos de la investigación agrícola gubernamental en Guatemala. Él propuso investigar el papel de la investigación agrícola en la autosuficiencia alimentaria y evaluar la rentabilidad económica de la misma. Parte de estos trabajos ya fue publicada, sin embargo, por algo que no me explico, la evaluación de la rentabilidad social se quedó pendiente, por lo que por este medio me complace presentar la publicación del trabajo:

### **LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA INVESTIGACION AGRICOLA GUBERNAMENTAL EN GRANOS BASICOS: EL CASO DEL ICTA EN MAIZ Y ARROZ EN GUATEMALA, 1973-90**

En este estudio se reseña la adopción de variedades de maíz y arroz generadas por el ICTA en Guatemala, se revisan diferentes enfoques para evaluar la rentabilidad social de la investigación agrícola, se modela conceptualmente el fenómeno que se está estudiando para luego modelarlo econométricamente y en seguida proceder a estimar los beneficios. Por otra parte, el estudio aporta un enfoque para estimar costos y corregir la estimación de los beneficios sociales, que puede resultar útil como material de consulta en la enseñanza de evaluación económica de proyectos.

Finalmente, aunque podría parecer un poco tardía la publicación de esta investigación, permítanme indicarles que para las buenas metodologías y los buenos resultados, nunca será tarde socializarlos.



Ing. Agr. M.Sc. Wotzbeli Méndez Estrada  
Gerente General del ICTA

Bárcena, Villa Nueva, octubre de 2001

Las ideas y comentarios expresados en esta publicación son responsabilidad directa del autor y no representan necesariamente, la posición del ICTA.

## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece la cooperación de todas las personas que hicieron posible la realización de este estudio, especialmente a:

- Dr. Peter E. Hildebrand, del Departamento de Economía de los Recursos y de la Alimentación de la Universidad de Florida en Gainesville, por sus observaciones y comentarios al borrador de este trabajo;
- Dr. Luis E. Sanint, del Programa de Arroz del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), por sus comentarios y recomendaciones al borrador de este estudio.
- Ingenieros Wotzbeli Méndez Estrada, Gerente General del ICTA, y Julio Franco Rivera, de Promoción y Apoyo Tecnológicos del ICTA, por el apoyo brindado para la publicación de este trabajo.

DEDICADO A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE CREEN EN GUATEMALA  
A PESAR DE SUS GRANDES PROBLEMAS.



"Si primero identificamos donde estamos y luego definimos hacia donde vamos, entonces podremos juzgar mejor qué hacer y cómo hacerlo"

Abraham Lincoln

[ Speech to the Republican Committee, Springfield, Illinois, June 18th, 1858]

**LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA INVESTIGACION AGRICOLA  
GUBERNAMENTAL EN GRANOS BASICOS: EL CASO DEL ICTA  
EN MAIZ Y ARROZ EN GUATEMALA, 1973-90**

Mamerto Reyes Hernández<sup>1</sup>

**R E S U M E N**

En este trabajo se evaluó la rentabilidad social de la investigación agrícola en maíz y arroz hecha por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) durante 1973-90. La evaluación se condujo a través de un modelo econométrico de los mercados de estos cereales. Como beneficios sociales se tomaron los incrementos en los excedentes de productores y el ahorro de divisas por importaciones evitadas, resultantes de la investigación agrícola. Se emplearon dos escenarios de evaluación, en el primero se asumió que el modelo explica el cambio tecnológico generado por el ICTA, por lo que el 100 % de los beneficios sociales estimados son responsabilidad del trabajo del ICTA. En el segundo escenario, se asumió que el modelo explica el cambio tecnológico que generan todos los agentes que introducen innovaciones tecnológicas en las poblaciones de productores de maíz y arroz, en este caso, se asumió que sólo el 50 % de tales beneficios es atribuible al ICTA. Los resultados obtenidos en estos escenarios, fueron los siguientes: 1. Relaciones B/C de 14.32 y 6.06, y tasas internas de retorno de 148.14 y 96.95 %, para el programa de investigación en maíz; 2. Relaciones B/C de 6.68 y 3.34, y tasas internas de retorno de 96.51 y 63.10 %, para el programa de investigación en arroz. Estos indicadores evidencian la alta rentabilidad que la investigación agrícola en estos granos básicos ha tenido para la sociedad guatemalteca.

**PALABRAS CLAVES:** Investigación agrícola, rentabilidad social, maíz, arroz.

---

<sup>1</sup> Economista Agrícola, M. Sc., Investigador Asociado, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), Guatemala.

# CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
RESUMEN .....	v
I. ANTECEDENTES .....	1
1. EL INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS Y SUS PRODUCTOS TECNOLOGICOS EN MAIZ Y ARROZ .....	1
2. RELEVANCIA DE LA INVESTIGACION AGRICOLA EN LA PRODUCCION DE GRANOS BASICOS .....	3
3. GASTO PUBLICO EN INVESTIGACION AGRICOLA .....	12
4. EL PROBLEMA .....	13
5. DEFINICION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION .....	14
6. OBJETIVOS .....	15
II. REVISION BIBLIOGRAFICA .....	16
1. ENFOQUES PARA EVALUACION <i>EX POST</i> DE LA RENTABILIDAD DE LA INVESTIGACION AGRICOLA .....	16
2. ESTUDIOS HECHOS EN CENTROAMERICA .....	19
III. MARCO TEORICO .....	22
1. EXCEDENTES DE PRODUCTORES Y CONSUMIDORES .....	22
2. DESPLAZAMIENTOS DE LA OFERTA POR EFECTO DEL CAMBIO TECNOLOGICO .....	23
3. BENEFICIOS SOCIALES DEL CAMBIO TECNOLOGICO .....	27
IV. METODOLOGIA .....	28
1. GENERACION DE RESULTADOS .....	28
1.1 PERIODO EVALUADO .....	28
1.2 MODELO DE LOS MERCADOS DE MAIZ Y ARROZ EN GUATEMALA .....	29

1.2.1	ECUACIONES E IDENTIDADES QUE DESCRIBEN ESTOS MERCADOS .....	30
1.2.1.1	Ecuación de la cantidad producida .....	30
1.2.1.2	Identidad de la cantidad demandada en el mercado de consumo .....	35
1.2.1.3	Identidad del precio al productor .....	35
1.2.1.4	Identidad del saldo de comercio .....	36
1.3	MODELOS ECONOMETRICOS .....	37
1.3.1	MODELO PARA MAIZ .....	37
1.3.2	MODELO PARA ARROZ .....	39
1.3.3	SUPUESTOS DE LOS MODELOS .....	40
1.4	MEDICION DE LA RENTABILIDAD .....	41
1.4.1	DETERMINACION DE BENEFICIOS SOCIALES .....	41
1.4.2	MODELOS PARA MEDIR LOS BENEFICIOS DEL CAMBIO TECNOLOGICO .....	44
1.4.3	MEDICION EMPIRICA DE LOS BENEFICIOS SOCIALES .....	46
1.4.4	BENEFICIOS SOCIALES DEL CAMBIO TECNOLOGICO GENERADO POR LA INVESTIGACION AGRICOLA INSTITUCIONAL .....	48
1.4.4.1	ESCENARIO I: LA TOTALIDAD DE LOS BENEFICIOS SOCIALES ES ATRIBUIBLE AL ICTA .....	48
1.4.4.2	ESCENARIO II: EL 50 % DE LOS BENEFICIOS SOCIALES ES ATRIBUIBLE AL ICTA .....	49
1.4.5	COSTOS .....	51
1.4.6	INDICADORES DE EFICIENCIA ECONOMICA .....	56
1.5	LOS DATOS .....	57

V.	RESULTADOS	57
1.	GASTOS DE INVESTIGACION	57
2.	MODELOS ECONOMETRICOS	60
2.1	MODELO ECONOMETRICO DEL MERCADO DE MAIZ	60
2.2	MODELO ECONOMETRICO DEL MERCADO DE ARROZ	64
3.	RENTABILIDAD SOCIAL DE LA INVESTIGACION AGRICOLA EN MAIZ	67
4.	RENTABILIDAD SOCIAL DE LA INVESTIGACION AGRICOLA EN ARROZ	71
VI.	CONCLUSIONES	73
VII.	IMPLICACIONES	74
VIII.	BIBLIOGRAFIA	75

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	Evolución de la producción, superficie cosechada y rendimientos de maíz, Guatemala, 1975-90	10
FIGURA 2.	Evolución de la producción, superficie cosechada y rendimientos de arroz, Guatemala, 1975-90	11
FIGURA 3.	Equilibrio de mercado en una economía cerrada	24
FIGURA 4.	Desplazamientos de la oferta por cambio tecnológico	24
FIGURA 5.	Desplazamiento de la oferta en una economía cerrada	28
FIGURA 6.	Desplazamiento de la oferta en un mercado deficitario y en una economía abierta	31
FIGURA 7.	Cambio en el excedente del productor en el caso en que $PR_{t+1} > PR_t$	43

FIGURA 8.	Cambio en el excedente del productor en el caso en que $PR_{t+1} < PR_t$ .....	43
-----------	--	----

## INDICE DE CUADROS

CUADRO 1.	Adopción de variedades mejoradas de maíz en diferentes localidades de Guatemala .....	5
CUADRO 2.	Adopción de variedades mejoradas de arroz en diferentes localidades de Guatemala .....	8
CUADRO 3.	Gastos reales de investigación en maíz (Quetzales de 1970) .....	58
CUADRO 4.	Gastos reales de investigación en arroz (Quetzales de 1970) .....	59
CUADRO 5.	Modelo econométrico del mercado de maíz en Guatemala .....	61
CUADRO 6.	Diagnóstico de multicolinealidad en el modelo de oferta de maíz al productor .....	62
CUADRO 7.	Comparación de los regresores y errores estándar en modelos de oferta de maíz al productor .....	64
CUADRO 8.	Modelo econométrico del mercado de arroz en Guatemala .....	65
CUADRO 9.	Diagnóstico de multicolinealidad en el modelo de oferta de arroz al productor .....	67
CUADRO 10.	Caso modelo completo. Beneficios sociales, gastos e índices de rentabilidad social de la investigación agrícola en maíz, 1973 - 90 ( miles de Quetzales de 1970 ) .....	69
CUADRO 11.	Caso modelo incompleto. Beneficios sociales, gastos e índices de rentabilidad social de la investigación agrícola en maíz, 1973 - 90 ( miles de Quetzales de 1970 ) .....	70
CUADRO 12.	Beneficios sociales, gastos e índices de rentabilidad social de la investigación agrícola en arroz, 1973 - 90 ( miles de Quetzales de 1970 ) .....	72

## A N E X O

CUADRO A-1.	Proporciones del trabajo de los equipos de prueba y transferencia de tecnología dedicadas a investigación en el cultivo de maíz	82
CUADRO A-2.	Proporciones del trabajo de los equipos de socioeconomía rural dedicadas a investigación en el cultivo de maíz	83
CUADRO A-3.	Proporciones del trabajo de los equipos de prueba y transferencia de tecnología dedicadas a investigación en el cultivo de arroz	84
CUADRO A-4.	Proporciones del trabajo de los equipos de socioeconomía rural dedicadas investigación en el cultivo de arroz	85
CUADRO A-5.	Gastos directos de investigación en maíz por actividad (Quetzales a precios corrientes)	86
CUADRO A-6.	Gastos directos de investigación en arroz por actividad (Quetzales a precios corrientes)	87
CUADRO A-7.	Caso modelo completo. Funciones de oferta de maíz con y sin cambio tecnológico en el t-ésimo año	88
CUADRO A-8.	Caso modelo completo. Incremento en los excedentes de productores de maíz resultante del cambio tecnológico en este cultivo, 1973 - 90 ( miles de Quetzales de 1970 )	89
CUADRO A-9.	Caso modelo completo. Ahorro de divisas por efecto de la reducción de importaciones de maíz resultante del cambio tecnológico en este cultivo, 1973 - 90	90
CUADRO A-10.	Caso modelo completo. Beneficios sociales de la investigación agrícola en maíz, 1973 - 90 ( miles de Quetzales de 1970 )	91
CUADRO A-11.	Caso modelo incompleto. Funciones de oferta de maíz con y sin cambio tecnológico en el t-ésimo año	92
CUADRO A-12.	Caso modelo incompleto. Incremento en los excedentes de productores de maíz resultante del cambio tecnológico en este cultivo, 1973 - 90 ( miles de Quetzales de 1970 )	93

CUADRO A-13. Caso modelo incompleto. Ahorro de divisas por efecto de la reducción de importaciones de maíz resultante del cambio tecnológico en este cultivo, 1973 - 90 .....	94
CUADRO A-14. Caso modelo incompleto. Beneficios sociales de la investigación agrícola en maíz, 1973 - 90 ( miles de Quetzales de 1970 ) .....	95
CUADRO A-15. Funciones de oferta de arroz con y sin cambio tecnológico en el t-ésimo año .....	96
CUADRO A-16. Incremento en los excedentes de productores de arroz resultante del cambio tecnológico en este cultivo, 1973 - 90 ( miles de Quetzales de 1970 ) .....	97
CUADRO A-17. Ahorro de divisas por efecto de la reducción de importaciones de arroz resultante del cambio tecnológico en este cultivo, 1973 - 90 .....	98
CUADRO A-18. Beneficios sociales de la investigación agrícola en arroz, 1973 - 90 ( miles de Quetzales de 1970 ) .....	99
CUADRO A-19. Datos empleados para el ajuste del modelo del mercado de maíz .....	100
CUADRO A-20. Datos empleados para el ajuste del modelo del mercado de arroz .....	102
CUADRO A-21. Fuentes de información y variables empleadas .....	104



**LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA INVESTIGACION AGRICOLA  
GUBERNAMENTAL EN GRANOS BASICOS: EL CASO DEL ICTA  
EN MAIZ Y ARROZ EN GUATEMALA, 1973-90**

**I. ANTECEDENTES**

**1. EL INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS Y SUS  
PRODUCTOS TECNOLOGICOS EN MAIZ Y ARROZ**

A principios de la década de los 70, el Gobierno de Guatemala puso en marcha un programa de reestructuración del Sector Público Agrícola, el cual constituyó la coyuntura para la creación del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). Este instituto fue fundado el 10 de mayo de 1973 y se le definió el mandato de ser la institución de Derecho Público responsable de generar y promover el uso de la Ciencia y Tecnología en el sector agropecuario<sup>2</sup>.

La organización del ICTA se hizo de acuerdo con el enfoque de sistemas de producción (Farming Systems Research), enfatizándose que los problemas deberían diagnosticarse con los agricultores siguiendo un enfoque multi e interdisciplinario, gran parte de la investigación debería conducirse en fincas de productores y los agricultores deberían participar en el proceso de validación de tecnología.<sup>3</sup> Para seguir este enfoque en cuestión, el ICTA se organizó en programas especializados por cultivo o especie pecuaria y programas de apoyo que siguen un enfoque más global. Estos segundos se conocen como Disciplinas de Apoyo.

---

<sup>2</sup> Artículo 3o. del Decreto Legislativo 68-72, Ley Orgánica del ICTA.

<sup>3</sup> Para detalles sobre los orígenes del ICTA, veáse a Waugh (1977) y para detalles sobre el sistema de investigación del ICTA, veáse Castillo (1982). Una síntesis de ambos temas se encuentra en Ruano y Fumagalli (1988).

Originalmente, los programas especializados del ICTA eran: Maíz, Arroz, Frijol, Trigo, Sorgo, Hortalizas y Porcinos. Posteriormente, se adicionaron Frutales y Oleaginosas; Porcinos se convirtió en Zootecnia, para luego ésta transformarse en Bovinos y Especies menores. En los últimos años se adicionó Biotecnología.

Dentro de las disciplinas de apoyo, el ICTA originalmente tenía a Semillas, Suelos, Divulgación, Socioeconomía Rural y Prueba y Transferencia de Tecnología. Posteriormente se organizaron, Recursos Fitogenéticos, Agroindustria, Análisis de Alimentos y Protección de Plantas.

En los rubros concretos de maíz y arroz, como resultado del trabajo en campos de agricultores y en sus estaciones experimentales, y con el apoyo del germoplasma heredado del instituto que antecedió al ICTA y el proveniente de los centros internacionales,<sup>4</sup> el ICTA ha desarrollado dieciseis variedades mejoradas y seis híbridos de maíz,<sup>5</sup> y ocho variedades mejoradas de arroz.<sup>6</sup> Por otra parte, cuenta con recomendaciones agronómicas para el manejo óptimo de estos cultivos, específicas para las diferentes regiones agrícolas del país (ICTA, 1990a, 1990b, 1992, 1993a, 1993b y 1993c).

---

<sup>4</sup> Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e International Rice Research Institute (IRRI).

<sup>5</sup> Hasta 1990, el ICTA había desarrollado las siguientes variedades mejoradas de maíz: La Máquina 7422, La Máquina 7843, B-1, B-5, A-4, Bárcena 71, V-301, V-302, V-304, V-305, Chanún, Don Marshal, GUATE-IAN-XELA, Toto Amarillo, San Marceño y Nutricia, y los siguientes híbridos: T-101, HB-11, HB-19, HA-28, HA-44 y HB-83.

<sup>6</sup> Hasta 1990, el ICTA había desarrollado las siguientes variedades de arroz: Tikal, Tempisque, Cristina, Virginia, Precozicta, Crispo, Motagua y Polochic.

## 2. RELEVANCIA DE LA INVESTIGACION AGRICOLA EN LA PRODUCCION DE GRANOS BASICOS

La importancia de la investigación agrícola para apoyar la seguridad alimentaria ha sido recalcada por las implicaciones de política de algunos estudios realizados en países subdesarrollados, tales como los trabajos sobre la respuesta a los precios del excedente comercial de arroz en Filipinas y Taiwan (Toquero *et al.*, 1975 y Chinn, 1976), en los cuales se encontró que las medidas de política que afectan los rendimientos, tales como la investigación agrícola y las obras de irrigación, son más eficientes para incrementar el excedente comercial que la política de precios. Por otra parte, estudios realizados en países industrializados (Griliches, 1964 y Evenson, 1967), han demostrado la relevancia de la investigación agrícola en el crecimiento de la productividad agropecuaria. Para el caso de Estados Unidos, Evenson (1978) indica que el crecimiento de la productividad agropecuaria en los últimos cien años, en buena parte es una consecuencia directa de la investigación agrícola.

En Guatemala existen muy pocos trabajos en este tema. Entre estos se puede citar el de Reyes Hernández (1995) sobre los factores que afectan la autosuficiencia de maíz en Guatemala, en el cual se encontró que en el período 1975-90, la investigación agrícola desempeñó un importante papel en el mantenimiento de la autosuficiencia de maíz en niveles cercanos al 100%.

Por otro lado, para percibir la relevancia de la investigación agrícola en la producción de maíz y arroz en Guatemala, algunos indicios se pueden obtener de los estudios de adopción de tecnología que se han realizado en el país, los cuales aún cuando fueron hechos sin seguir una

estrategia clara de evaluación nacional, permiten apreciar la evolución de la adopción de las variedades mejoradas de maíz y arroz desarrolladas por el ICTA (llamemósles genéricamente: variedades ICTA).

En este sentido, en el cuadro 1 puede apreciarse que la adopción de variedades ICTA de maíz ha aumentado en todas las regiones, fundamentalmente en la Costa Sur. Debe indicarse que esta región constituye la principal zona maicera del país, tanto por la mayor fertilidad de sus suelos como por el mayor acceso a los recursos productivos que tienen sus agricultores (tierra, capital, infraestructura, información, etc.), por lo que no resulta casual que sea esta región la que registre los mayores niveles de adopción de variedades mejoradas de maíz.

En el cuadro 2 se presentan los índices de adopción de variedades ICTA de arroz en las principales regiones productoras de esta gramínea. En Guatemala, el cultivo de arroz enfrenta graves problemas fitosanitarios (*Pyricularia sp.*, *Helminthosporium sp.* y otros), lo cual ha determinado que el uso de variedades resistentes o tolerantes al complejo de enfermedades fungosas que lo atacan, sea la mejor alternativa de control. Esta estrategia fitosanitaria ha definido que el cambio relativamente continuo de variedades sea un rasgo tecnológico del cultivo, lo cual ha facilitado la adopción de nuevas variedades.

Las principales zonas de producción de arroz en Guatemala son la Costa Atlántica y el Suroriente, y como puede apreciarse en el cuadro 2, es en estas regiones donde los niveles de adopción de variedades ICTA han alcanzado los niveles más altos.

Cuadro 1  
 ADOPCION DE VARIEDADES MEJORADAS DE MAIZ  
 EN DIFERENTES LOCALIDADES DE GUATEMALA

LOCALIDAD/POBLACION/AÑO	PORCIENTOS MUESTRALES		POBLACION PARA INFERIR	
	Agricultores	Area	Agricultores	Area (ha)
<b><u>ALTIPLANO OCCIDENTAL</u></b>				
<b>Valle de Quetzaltenango / agricultores que han participado en la validación de variedades, 1980 (1)</b>			120	76
Variedades ICTA	49.00	30.00		
<b>Departamentos de Quetzaltenango y Totonicapán, 1989 (2)</b>				
Variedades ICTA				
Agricultores que condujeron parcelas de transferencia y de semilla del PROGETTAPS	57.00	11.00	420	nd
Agricultores participantes en actividades de promoción del PROGETTAPS	59.00	15.00	1,758	nd
Agricultores que no han participado en el PROGETTAPS	nd	nd	51,867	26,873
<b><u>ALTIPLANO CENTRAL</u></b>				
<b>Departamento de Chimaltenango, 1989 (3)</b>				
Variedades ICTA				
Agricultores que condujeron parcelas de transferencia y de semilla del PROGETTAPS	52.63	28.40	301	498
Agricultores participantes en actividades de promoción del PROGETTAPS	48.00	28.72	1,270	2,078
Agricultores que no han participado en el PROGETTAPS	10.71	nd	26,143	22,066
<b><u>COSTA SUR</u></b>				
<b>Parcelamiento La Máquina, Suchitepéquez y Retalhuleu / población de productores de maíz, 1981 (4)</b>			1,231	16,023
Híbridos y variedades ICTA	55.00	35.00		
Híbridos salvadoreños	27.00	17.00		
Híbridos internacionales	10.00	7.00		

continúa cuadro 1

LOCALIDAD/POBLACION/AÑO	PORCIENTOS MUESTRALES		POBLACION PARA INFERIR	
	Agricultores	Area	Agricultores	Area (ha)
<b>Parcelamiento La Blanca, San Marcos / población de productores de maíz, 1981 (4)</b>			653	2,850
Híbridos y variedades ICTA	23.00	20.00		
Híbridos salvadoreños	50.00	53.00		
<b>Parcelamiento La Nueva Concepción, Escuintla / población de productores de maíz, 1981 (4)</b>				
- Epoca de Humedad			824	5,494
Híbridos y variedades ICTA	5.00	4.00		
Híbridos salvadoreños	43.00	50.00		
- Epoca de primera (Fuego)			860	3,727
Híbridos y variedades ICTA	6.00	4.00		
Híbridos salvadoreños	36.00	41.00		
<b>Parcelamiento Caballo Blanco, Retalhuleu / población de productores de maíz, 1987 (5)</b>			221	2,936
Híbridos y variedades ICTA	73.03	78.48		
Híbridos empresas privadas nacionales	26.97	21.42		
<b>Parcelamiento Santa Fe, Retalhuleu / población de productores de maíz, 1987 (5)</b>			58	771
Híbridos y variedades ICTA	92.85	92.54		
Híbridos empresas privadas nacionales	7.15	4.46		
<b>Parcelamiento El Rosario, Retalhuleu / población de productores de maíz, 1987 (5)</b>			146	1,940
Híbridos y variedades ICTA	66.67	66.80		
Híbridos empresas privadas nacionales	29.41	32.2		
Híbridos internacionales	3.92	1.00		
<b>Parcelamiento El Reposo, Quezaltenango / población de productores de maíz, 1987 (5)</b>			162	2,152
Híbridos y variedades ICTA	58.62	42.14		
Híbridos empresas privadas nacionales	31.03	44.38		

continúa cuadro 1

LOCALIDAD/POBLACION/AÑO	PORCIENTOS MUESTRALES		POBLACION PARA INFERIR	
	Agricultores	Area	Agricultores	Area (ha)
<b><u>SURORIENTE</u></b>				
<b>Suroriente de Guatemala / agricultores atendidos por el servicio de extensión, 1981 (6)</b>			827	nd
Híbridos y variedades ICTA	20.00	19.00		
Híbridos salvadoreños	51.00	52.00		
<b>Departamento de Jutiapa, 1989 (7)</b>				
Híbridos y variedades ICTA				
Agricultores participantes en el PROGETTAPS	37.00	42.00	1,170	2,443
Agricultores que no han participado en el PROGETTAPS	9.00	8.00	25,564	41,618
<b><u>NORORIENTE</u></b>				
<b>Departamento de Zacapa, 1989 (8)</b>				
Híbridos y variedades ICTA				
Agricultores participantes en el PROGETTAPS	64.36	44.06	nd	1,725
Agricultores que no han participado en el PROGETTAPS	38.00	41.50	6,607	11,110
<b>Departamento de Chiquimula, 1989 (8)</b>				
Híbridos y variedades ICTA				
Agricultores participantes en el PROGETTAPS	40.00	35.86	nd	1,223
Agricultores que no han participado en el PROGETTAPS	20.83	34.66	17,276	19,867

NOTA: Las áreas de maíz de los parcelamientos Caballo Blanco, Santa Fe, El Rosario y el Reposo, se estimaron asumiendo que la superficie de maíz por agricultor es igual a la de los agricultores del parcelamiento La Máquina (13.286 ha). PROGETTAPS = Proyecto de Generación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria y Producción de Semillas. Para cada localidad en que se indica, los agricultores y las superficies de maíz del grupo de agricultores que no han participado en el PROGETTAPS, se obtuvieron del número de fincas y superficies con maíz que para cada localidad registra el Censo Agropecuario de 1979 (DGE, 1983), restándole los productores y superficies de maíz atendidos por el PROGETTAPS. nd = no disponible.

FUENTE: (1) Calderón y Ruano (1980); (2) Godínez López et al (1990); (3) Reyes Hernandez y García Raymundo (1990); (4) Reyes Hernández (1981a, 1981b y 1981c); (5) Hidalgo Portillo (1987); (6) Ruano Andrade (1984); (7) Martínez Guerra (1990); y (8) Córdón y Vásquez (1990).

Cuadro 2  
 ADOPCION DE VARIEDADES MEJORADAS DE ARROZ  
 EN DIFERENTES LOCALIDADES DE GUATEMALA

LOCALIDAD/POBLACION/AÑO	PORCIENTOS MUESTRALES		POBLACION PARA INFERIR	
	Agricultores	Area	Agricultores	Area (ha)
<b><u>COSTA SUR</u></b>				
<b>Parcelamiento Caballo Blanco, Retalhuleu / población de productores de arroz, 1987 (1)</b>			128	nd
Variedades ICTA	43.75	31.73		
Variedades internacionales	18.75	7.82		
<b>Parcelamiento Santa Fe, Retalhuleu / población de productores de arroz 1987 (1)</b>			34	nd
Variedades ICTA	20.00	2.98		
Variedades internacionales	10.00	1.11		
<b>Parcelamiento El Reposo, Quetzaltenango / población de productores de arroz</b>			108	nd
Variedades ICTA, 1983 (2)	27.59	nd		
Variedades ICTA, 1987 (1)	88.46	91.14		
Variedades internacionales, 1987 (1)	11.54	8.86		
Variedades ICTA, 1991 (2)	100.00	nd		
<b><u>SURORIENTE</u></b>				
<b>Suroriente de Guatemala / agricultores atendidos por el servicio de extensión, 1981 (3)</b>			827	nd
Variedades ICTA	53.00	82.00		
<b>Departamento de Jutiapa, 1989 (4)</b>				
Variedades ICTA				
- Agricultores participantes en el PROGETTAPS	70.00	76.0	175	136
- Agricultores que no han participado en el PROGETTAPS	29.00	66.00	819	1,178



continúa cuadro 2

LOCALIDAD/POBLACION/AÑO	PORCIENTOS MUESTRALES		POBLACION PARA INFERIR	
	Agricultores	Area	Agricultores	Area (ha)
<b><u>COSTA ATLANTICA</u></b>				
<b>Valle del Polochic, Izabal / población de productores de arroz</b>			630	2,538
Variedades ICTA, 1977 (5)	60.00	50.00		
Variedades ICTA, 1987 (5)	75.00	> 50		

NOTA: Las poblaciones de productores de arroz de los parcelamientos Caballo Blanco y El Rosario se estimaron asumiendo que la proporción de arroceros es igual a la del parcelamiento El Reposo (0.58). Las poblaciones de productores y superficie con arroz del Valle del Polochic se obtuvieron de la suma de fincas y superficies con arroz que el Censo Agropecuario de 1979 registra para los municipios de Panzós y El Estor. PROGETTAPS = Proyecto de Generación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria y Producción de Semillas. Para Jutiapa, los agricultores y las superficies de arroz del grupo de agricultores que no han participado en el PROGETTAPS, se obtuvieron del número de fincas y superficies con arroz que para este departamento registra el Censo Agropecuario de 1979 (DGE, 1983), restándole los productores y superficies de arroz atendidos por el PROGETTAPS. nd = no disponible.

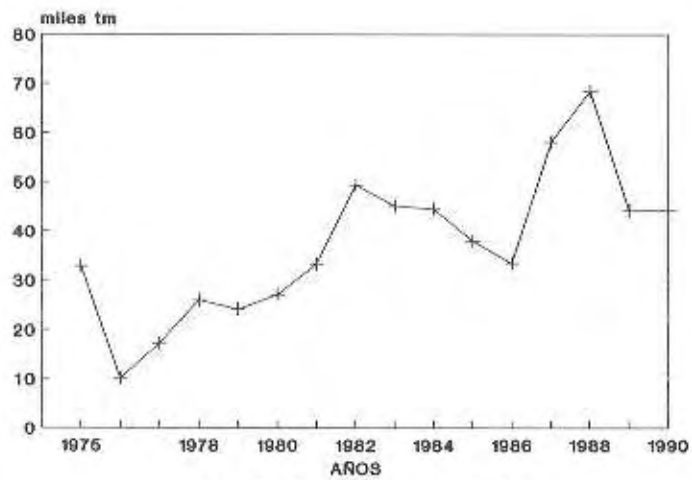
FUENTE: (1) Hidalgo Portillo (1987); (2) Tucux Pisquiy (1993); (3) Ruano Andrade (1984); (4) Martínez Guerra (1990); y (5) Zelaya Azurdia (1988)

Por otra parte, un análisis descriptivo de la evolución de la producción, superficie cosechada y rendimientos de maíz y arroz (figuras 1 y 2), también puede contribuir a evidenciar la importancia que la investigación agrícola ha tenido en la producción de estos cereales.

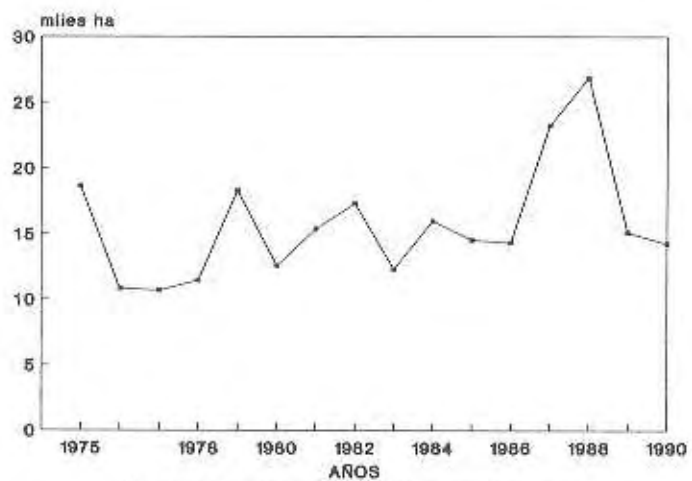
En la figura 1 se presenta la evolución de la producción, superficie cosechada y rendimientos de maíz. Puede observarse que las subfiguras a, b y c, se encuentran acondicionadas de manera que permitan apreciar en que años el crecimiento de la producción fue apoyado por el aumento de superficie o por los rendimientos.



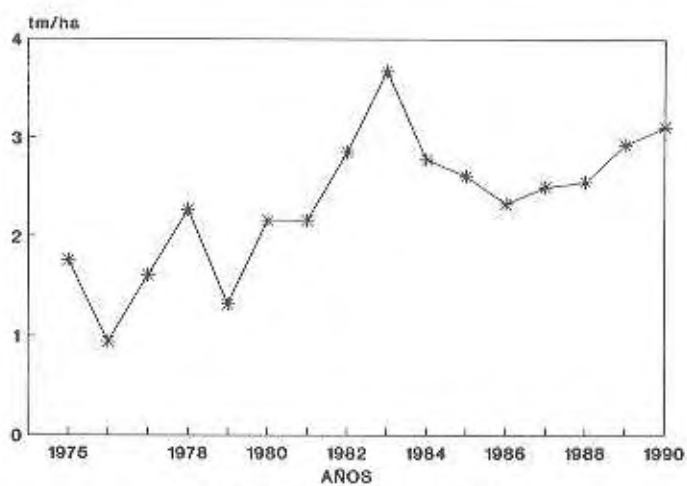
FIGURA 1. Evolución de la producción, superficie cosechada y rendimientos de maíz, Guatemala, 1975-90



(a) PRODUCCION DE ARROZ



(b) SUPERFICIE COSECHADA DE ARROZ



(c) RENDIMIENTOS DE ARROZ

FIGURA 2. Evolución de la producción, superficie cosechada y rendimientos de arroz, Guatemala, 1975-90

En la observación de la figura 1 puede apreciarse que el incremento de la producción se ha visto apoyado tanto por la superficie como por los rendimientos, sin embargo, el crecimiento de los rendimientos se percibe como la principal fuente de crecimiento de la producción, pues su pendiente es mayor, es decir, su ritmo anual de crecimiento es superior al seguido por la superficie.

La figura 2 también está diseñada en la misma forma que la figura 1, y de su observación se puede inferir que el crecimiento de la producción de arroz se ha visto apoyado fundamentalmente por el crecimiento de los rendimientos, pues en buena parte de la serie, la superficie cosechada se ha mantenido oscilante y sin un claro patrón de crecimiento.

Como síntesis de las figuras 1 y 2, se puede indicar que el crecimiento de la producción de maíz y arroz se ha visto apoyado fuertemente por el crecimiento de los rendimientos, lo cual sugiere la relevancia que en este proceso ha tenido el cambio tecnológico y por ende, la investigación agrícola que lo ha inducido.

### **3. GASTO PUBLICO EN INVESTIGACION AGRICOLA**

Desde la fundación del ICTA, el gasto público anual por operación de este instituto medido en términos reales (Quetzales de 1970), se ha mantenido ligeramente constante. De acuerdo con las cifras de ejecución presupuestaria del ICTA, deflactadas con el deflactor implícito del PIB, el gasto público anual en investigación agrícola de 1973 a 1993, muestra un patrón histórico oscilante alrededor de un punto fijo. De Q625.5 miles que fue en 1973, el gasto

crece hasta Q1,917.5 miles en 1981, para luego tomar un descenso hasta llegar a Q1,120.9 miles en 1985. Después de este año, el gasto comienza a crecer nuevamente hasta llegar a Q2,201.3 miles en 1988, para tomar otra vez una trayectoria descendente que se detiene en cerca de Q1,200 miles. Para este período el gasto público en investigación agrícola tiene una media de Q1,517.9 miles y una desviación estándar de Q376.3 miles.<sup>7</sup>

Por su parte, de acuerdo con Reyes Hernández (1993), el gasto real en investigación en maíz ha seguido un patrón histórico de tipo cuadrático. En una primera etapa, el gasto fue creciente para posteriormente convertirse en decreciente. De Q93 miles que fueron gastados en 1975, las cifras anuales crecieron hasta Q282.9 miles que se gastaron en 1981. Después de este año, el gasto tomó una trayectoria decreciente hasta llegar a Q99.4 miles en 1990.

Hasta la realización de este trabajo, en el ICTA no se disponía de datos sobre los gastos de investigación en arroz, por lo que de acuerdo con el relativo estancamiento del gasto total de investigación y al hecho de que el ICTA haya estado diversificando sus líneas de investigación (bovinos, fitoprotección de hortalizas, etc.) desde principios de los años 80, nos hizo suponer que el gasto en este grano básico había seguido un patrón similar al de maíz, lo cual fue corroborado en el desarrollo del trabajo (cuadro 4).

#### **4. EL PROBLEMA**

En términos generales, en Guatemala se desconoce el efecto que la investigación agrícola

---

<sup>7</sup> Estimadas con datos de la Unidad de Servicios Financieros del ICTA.

en maíz y arroz ha tenido en la autosuficiencia nacional de estos granos básicos, así como si tales programas han sido o no rentables para la sociedad nacional.

Esta carencia de información, ha venido limitando la importancia que la investigación agrícola podría tener dentro de la política agrícola en particular y política económica en general, redundando en una pérdida de su capacidad institucional para solicitar recursos nacionales y/o en una merma en la escala de prioridad del Estado para asignarle fondos operativos y de inversión, lo cual tiende a agudizarse en la medida que el Estado adopta políticas de austeridad en el gasto público.

En el largo plazo, esta pérdida de capacidad institucional puede incidir negativamente en la autosuficiencia de estos granos y en la seguridad alimentaria nacional, y precipitar con ello al país a una crisis alimentaria, pues la pieza clave en la dieta de la población lo constituye fundamentalmente maíz y en alguna medida el arroz.

## **5. DEFINICION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION**

La información citada en el inciso (2), aún cuando apoya el argumento de la relevancia de la investigación agrícola en la seguridad alimentaria nacional, no provee elementos que permitan inferir si tal actividad ha sido rentable o no para la sociedad nacional, lo cual en el momento actual puede resultar de importancia crucial, pues como consecuencia de las medidas de austeridad en el gasto público que han venido siendo tomadas por el Gobierno en los últimos quinquenios, dentro de los paquetes de política macroeconómica adoptados para estabilizar y

reactivar la economía nacional, se corre el riesgo de limitar el desarrollo de tecnología para cultivos básicos, no necesariamente debido al estancamiento o reducción del gasto público, sino a la carencia de elementos técnicos que fundamenten los congelamientos o recortes de fondos.

Este trabajo busca llenar este vacío. Con el desarrollo del mismo se buscan elementos que permitan mejorar la asignación de fondos públicos a la investigación en granos básicos. Se buscan elementos que permitan conocer en cuanto se beneficia la economía nacional con la inversión en este rubro de investigación agrícola.

Con el propósito de contar con una guía para este estudio, el problema de investigación se definió de la manera siguiente:

- ¿ Cuál es la rentabilidad social de la asignación de recursos públicos a la investigación agrícola en los cultivos de maíz y arroz ?

## **6. OBJETIVOS**

1. Determinar la rentabilidad social del gasto público en investigación agrícola en los cultivos de maíz y arroz.
2. Proveer a los niveles ejecutivos del sector agroalimentario nacional de información técnica sobre la rentabilidad social que la investigación agrícola en granos básicos tiene para el país.

## II. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 1. ENFOQUES PARA EVALUACION *EX POST* DE LA RENTABILIDAD DE LA INVESTIGACION AGRICOLA

Para la evaluación *ex post* de la rentabilidad de la inversión en investigación agrícola, en la literatura se encuentran tres enfoques metodológicos alternativos, estos son los enfoques clásicos del excedente económico (EEE) y de la función de producción (EFP), y el enfoque de las ganancias de los agricultores (EGA).

Con el EEE se busca determinar el cambio en los excedentes de productores y consumidores que resulta del desplazamiento de la oferta que ocasiona la tecnología generada por la investigación agrícola. Este cambio en el excedente económico constituye la ganancia social, la cual al analizarse en conjunto con los costos del programa de investigación permite determinar su rentabilidad.

En el estudio de la rentabilidad usando el EEE, la magnitud del desplazamiento de la oferta que ocasiona la tecnología (Norton y Davis, 1981) y el tipo de desplazamiento de la oferta (divergente, convergente y paralelo) tradicionalmente han sido elementos claves, ya que tienen influencia directa en el monto de los beneficios (Lindner y Jarret, 1978). Trabajos posteriores indican que la especificación matemática dada a las funciones de oferta y demanda, también posee relevancia, ya que también registra efectos importantes en el monto de los beneficios (Voon y Edwards, 1991).



En el cálculo de la magnitud del desplazamiento de la oferta se observan distintas variantes, desde estimaciones sencillas del tipo con y sin nueva tecnología, como los trabajos de Griliches de 1958 (1980) y Hayami y Herdt (1978), hasta estimaciones más complejas realizadas a partir de la adopción de la tecnología en cuestión, como los trabajos de Scobie y Posada (1976), Evenson y Flores (1978), Rivas *et al* (1991) y Sanint (1992).

Con el EFP, con el empleo del concepto de función de producción se estima la productividad marginal de la inversión en investigación. Este enfoque fundamentalmente se basa en la introducción del conocimiento técnico como un factor adicional en la función de producción. Esta introducción se ha hecho a través de diversas variables proximales (proxis), entre las que se tienen a los gastos en investigación, gastos en investigación y extensión, cantidad de publicaciones científicas en ciencias agrícolas y número de científicos trabajando en instituciones de investigación agrícola. El modelo básico usado con el EFP ha sido:

$$Q = A \cdot \prod_{i=1}^m X_i^{\beta_i} \cdot \prod_{j=0}^n R_{t-j}^{\alpha_j} e^U$$

en donde:

Q Valor de la producción agrícola

A Factor desplazador

$X_i$  i-ésimo factor de producción convencional

$R_{t-j}$  Variable proxi del conocimiento agrícola en el t-j-ésimo año

$\beta_i$  Elasticidad de producción de i-ésimo factor de producción convencional

$\alpha_j$  Elasticidad de producción del nivel de la variable proxi del conocimiento técnico en el

- t-j-ésimo año
- e Base de los logaritmos naturales
- U Término aleatorio de error.

Este modelo ha sido empleado tanto con datos de series de tiempo como con información de sección cruzada (Norton y Davis, 1981). En estudios de series de tiempo se aprecia el uso de una especificación alternativa de la función de producción, esta es la siguiente:

$$P = A W^{\tau} E^{\epsilon} \prod_{i=0}^m X_i^{\beta_i} \prod_{j=0}^n R_{t,j}^{\alpha_{t,j}} e^U$$

en donde:

- P Índice de la productividad de la agricultura
- W Índice ambiental
- E Medida del nivel de educación de la mano de obra agrícola

$\tau$  y  $\epsilon$  son coeficientes de elasticidad de los insumos a que están asociados.

A,  $X_i$ ,  $R_{t,j}$ ,  $\beta_i$ ,  $\alpha_{t,j}$ , e y U, ya fueron descritos en la especificación de la función de producción anterior.

De acuerdo con Norton y Davis (1981), la principal variante entre los estudios realizados con el EFP radica en la duración y forma del rezago que existe entre el momento en que se realiza el gasto en investigación y el momento en que impacta en el producto. En los primeros estudios llevados a cabo con este enfoque se usaron rezagos simples de uno o dos años, en estudios posteriores, los rezagos empleados fueron de 6 ó 7 años siguiendo una distribución de

"U" o "V" invertidas.

El EGA es un enfoque usado para evaluar retornos sociales a nivel local, comunal o subregional. Este enfoque parece haber surgido como resultado de las dificultades encontradas en la utilización de los dos enfoques anteriores en la evaluación de programas con áreas de influencia relativamente pequeñas. Con el EGA, las ganancias sociales están representadas por el incremento en las ganancias de los productores resultante de la adopción de tecnología. Para derivar los incrementos en las ganancias en el tiempo se requieren estudios longitudinales de adopción de tecnología, los cuales permiten estimar el efecto de la adopción en los rendimientos, producción, costos e ingresos de los agricultores. Este enfoque ha sido usado por Martínez y Saín (1978) y por Saín y Matute (1993).

Como se desprende de esta breve revisión, la elección de uno u otro enfoque descansa principalmente en la facilidad que el investigador tenga para obtener los datos requeridos. En la revisión hecha por Norton y Davis (1981) se aprecia que el uso del EFP se ha restringido a países desarrollados, en tanto que el EEE se ha empleado tanto en desarrollados como en subdesarrollados. Por su parte, el EGA se encontró en países subdesarrollados.

## **2. ESTUDIOS HECHOS EN CENTROAMERICA**

En Centroamérica, las evaluaciones de la rentabilidad social de la investigación agrícola han sido limitadas. Se tiene conocimiento de tres estudios realizados en la región. Uno es el de Martínez y Saín (1983) en Panamá, otro es el de Reyes Hernández (1993) en Guatemala y

el tercero es el de Saín y Matute (1993) en Honduras.

En el trabajo de Martínez y Saín (1983) se evalúa la rentabilidad social de la sustitución del enfoque tradicional de investigación en estaciones experimentales por la investigación en fincas de agricultores (On-Farm Research). Este cambio institucional tuvo lugar en la región del Caisán en Panamá de 1978 a 1982. Se sigue el enfoque de las ganancias de los agricultores y como beneficio social se toma al incremento en las ganancias de los productores de maíz resultante del cambio de enfoque de investigación. Se estiman los patrones temporales de adopción de cuatro recomendaciones tecnológicas desarrolladas con el enfoque de investigación en fincas y se ensayan cuatro formas alternas de estimar la diferencia entre el patrón observado de adopción y el que hubiese existido con el enfoque tradicional de investigación. La evaluación de rentabilidad social se conduce en dos escenarios de observación: sin regulaciones del Gobierno y con regulaciones (precios de garantía). De acuerdo con los resultados obtenidos, la Tasa Interna de Retorno se encuentra entre 118 y 194 % en el escenario sin regulaciones y entre 155 y 325 % en el escenario con regulaciones. Por su parte, la relación B/C, oscila entre 7.86 y 12.93 en el primer escenario y entre 10.30 y 16.99 en el segundo escenario estudiado.

En el trabajo de Reyes Hernández (1993) se evalúa la rentabilidad social de la inversión en investigación agrícola en maíz durante el período 1975-90. Se asume que el ahorro de divisas logrado a través de evitar importaciones de maíz constituye el único beneficio de la investigación agrícola en este cereal. El enfoque empleado se encuentra en la tradición de la función de producción. El estudio se desarrolla dentro de un formato experimental de evaluación. Se

consideran dos escenarios de observación, a saber, con programa de investigación y sin programa de investigación. Los resultados del escenario sin programa de investigación se generan con simulación, para lo cual se utiliza un modelo econométrico de la oferta de maíz al productor, en el cual las cantidades ofrecidas son una función del precio de la semilla mejorada, del precio esperado por el agricultor, de la precipitación pluvial y de los gastos en investigación en maíz, la cual es la variable proxy del cambio tecnológico. Se determina que para el período estudiado, el ahorro de divisas alcanza el monto de Q89.428 millones (Quetzales de 1970). En términos de eficiencia económica, el programa de investigación en maíz tuvo una relación Beneficio/Costo de 66.05 y una Tasa Interna de Retorno de 312.63 %, lo cual evidencia su alta rentabilidad para el país.

El trabajo de Saín y Matute (1993) es una aplicación de la metodología desarrollada por Martínez y Saín (1983) en Panamá. En este caso se evalúa la rentabilidad social de un programa de investigación en maíz desarrollado en el municipio de Jutiapa, Departamento de Atlántida, Honduras, durante 1983-86. La rentabilidad se evalúa a través del incremento en las ganancias de los productores atribuible a la adopción de cinco recomendaciones tecnológicas promovidas por este programa en cuestión. Se evalúa el período 1983-93. Los resultados obtenidos muestran una relación Beneficio/Costo de 1.29 y una Tasa Interna de Retorno de 13 %, la cual es superior en 3 puntos a la tasa de descuento empleada como costo de oportunidad del capital. Los resultados muestran que el programa fue rentable, aunque los autores señalan que los indicadores de eficiencia pudiesen ser mayores si se tomase como área de influencia del programa a una superficie mayor que la considerada en la evaluación (2,000 hectáreas), la cual

a su juicio, es sumamente conservadora. Por otra parte, indican que si se agregasen otros beneficios que no fueron incluidos en la evaluación, tales como los resultantes de la reducción de la quema como práctica de preparación del terreno, los indicadores de eficiencia podrían ser mayores. Finalmente, los autores reconocen que el nivel de rentabilidad se vió afectado por problemas institucionales encontrados en la ejecución del programa que condujeron a interrumpirlo en 1986, con lo cual no pudieron percibirse cambios en los precios relativos de factor/producto y factor/factor que demandaban ajustes en las alternativas tecnológicas recomendadas.

### **III. MARCO TEORICO**

Para responder a la interrogante planteada, se utilizó el enfoque de los excedentes económicos. A continuación se describen algunos elementos de este enfoque.

#### **I. EXCEDENTES DE PRODUCTORES Y CONSUMIDORES**

El excedente de los consumidores representa la diferencia entre el valor que los consumidores están dispuestos a pagar por una cantidad de bienes y lo realmente pagado, en tanto que el excedente de los productores es la diferencia entre el valor que los productores están dispuestos a cobrar por una cantidad de bienes y lo realmente cobrado.

En la figura 3 se ilustra el equilibrio entre oferta y demanda de un bien. Con la finalidad de facilitar la exposición, se presenta dicho proceso en una economía cerrada y con un solo nivel de mercado. La curva QD representa a la demanda y QS la oferta.

De acuerdo con la figura 3, el valor que los consumidores estarían dispuestos a pagar por la cantidad  $Q$ , es el polígono  $ABQO$ , sin embargo, el valor realmente pagado es el rectángulo  $PBQO$ , es decir, obtienen el excedente  $ABP$ . Por su parte, el valor requerido por los productores por  $Q$  es  $OBQ$ , pero el mercado les permite obtener  $PBQO$ , es decir, obtienen el excedente  $OBP$ .

## **2. DESPLAZAMIENTOS DE LA OFERTA POR EFECTO DEL CAMBIO TECNOLÓGICO**

Por efecto de la mayor eficiencia productiva que conlleva el cambio tecnológico, el productor se encuentra en una posición en que obtiene mayor cantidad de productos por unidad de insumo o logra producir la misma cantidad de producto a menores costos. En ambas situaciones, el efecto general es la capacidad de operar con menores costos de producción. Como consecuencia de ello, el productor se encuentra en posibilidades de ofrecer mayor cantidad de bienes al mismo precio que los que ofrecerían bajo las condiciones previas al cambio técnico. En el mercado, este cambio se percibe a través de un desplazamiento de la función de oferta hacia la derecha.

Estos desplazamientos pueden tener diversas naturalezas. Refiriéndose a funciones agregadas de oferta de un producto, Lindner y Jarret (1978), indican que los desplazamientos pueden ser divergentes, convergentes y paralelos. Una ilustración de los mismos se presenta en la figura 4.

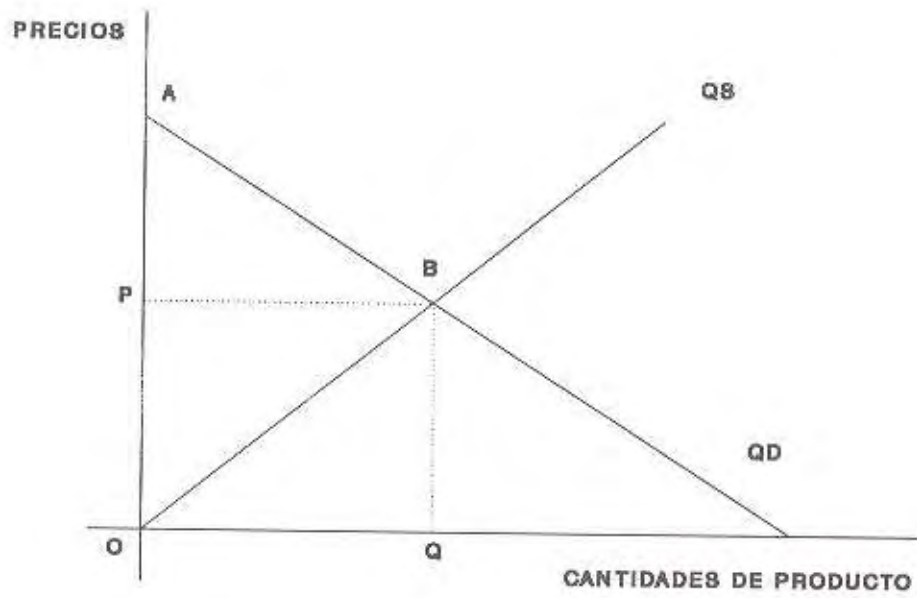


FIGURA 3. Equilibrio de mercado en una economía cerrada

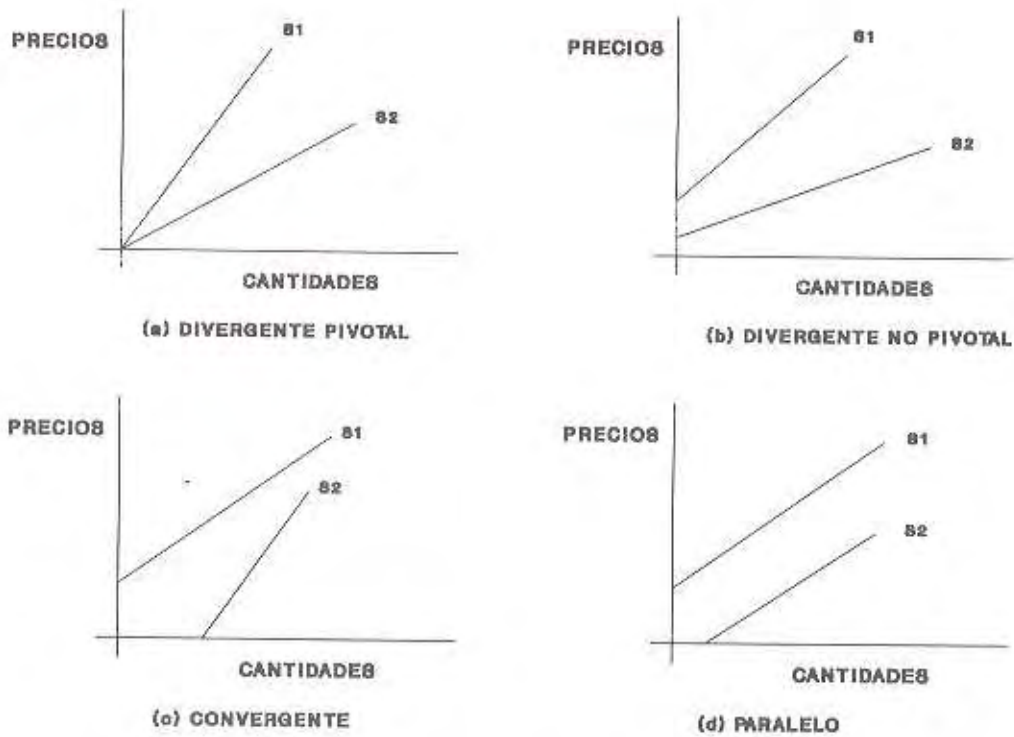


FIGURA 4. Desplazamientos de la oferta por cambio tecnológico



Para desarrollar una explicación de este proceso es necesario tener claro que la curva de oferta de la empresa individual es el segmento creciente de la curva de costo marginal que se inicia en el punto en que ésta intersecta al costo medio variable en su punto mínimo. Por otro lado, la oferta nacional o agregada de un producto es la suma horizontal de las ofertas de empresas individuales, es decir, es la suma horizontal de los segmentos crecientes de las curvas de costos marginales de estas empresas. Con esto se quiere indicar que en la parte inferior de la curva agregada de oferta se ubican las empresas que operan con los costos más bajos de la industria<sup>8</sup>, y de este modo, en la parte superior de esta curva se ubican las empresas que operan con los costos más altos de la industria.

Referido a funciones agregadas de oferta, el desplazamiento divergente (pivotal o proporcional) implica que la reducción absoluta de costos que ocasiona la innovación tecnológica es mayor para aquellos fincas que operan con los costos de producción más altos de la industria, es decir, aquellas empresas que se encuentran en el segmento derecho de la curva agregada de oferta (Lindner y Jarret, 1978).

El desplazamiento convergente se presenta cuando la tecnología afecta principalmente a aquellos agricultores que operan con los costos de producción más bajos de la industria, es decir, a aquellas fincas que se encuentran en el segmento izquierdo de la curva agregada de oferta (Lindner y Jarret, 1978).

---

<sup>8</sup> El concepto de industria se está manejando como universo de productores de un bien homogéneo.

El desplazamiento paralelo se presenta cuando la innovación ocasiona la misma reducción absoluta de costos a todos los productores. Cabe indicar que esta es una reducción porcentual de costos mayor para los agricultores que operan con los costos más bajos de la industria. Por otra parte, de lo anterior se infiere que si el costo de la innovación es el mismo para todos los productores, el porcentaje de incremento en el rendimiento es mayor para los agricultores con menores costos (Lindner y Jarret, 1978).

Respecto a los patrones de desplazamiento de la oferta de las tecnologías, Lindner y Jarret (1978) indican que generalmente las innovaciones biológicas y químicas, tales como semillas mejoradas, plaguicidas y fertilizantes, presentan un patrón divergente, ya que el incremento de la productividad que ocasionan se aprecia fundamentalmente en las fincas que operan con los mayores costos de la industria, fundamentalmente aquellas donde se presenta con mayor rigor el problema que ataca la innovación tecnológica, por ejemplo los productores que tienen problemas de plagas para el caso de las innovaciones de control de plagas, los agricultores que enfrentan problemas en el control de malezas para el caso de las recomendaciones de herbicidas y las fincas con suelos de baja fertilidad para el caso de las tecnologías de fertilizantes químicos.

Para fertilizantes reconocen la posibilidad de que también provoquen desplazamientos paralelos. Para semillas mejoradas, aún cuando los autores no lo indican directamente, sugieren la posibilidad de que también ocasionen desplazamientos paralelos.

Para tecnologías mecánicas y organizacionales<sup>9</sup>, basándose en que los beneficios de estas innovaciones dependen de la escala de operaciones, y en que los estudios de economías de escala señalan que las fincas grandes son típicamente las unidades con los costos más bajos de la industria, Lindner y Jarret (1978) indican que el desplazamiento de la oferta que generan sigue un patrón convergente.

### 3. BENEFICIOS SOCIALES DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

En la figura 5 se ilustra un desplazamiento de la oferta y su efecto en los excedentes de productores y consumidores. Con la finalidad de facilitar la exposición, dicho proceso también se representa en una economía cerrada y con un solo nivel de mercado. La curva QD representa a la demanda, QS1 a la oferta en la situación previa al cambio tecnológico y QS2 a la oferta considerando el nuevo estado tecnológico.

En la situación inicial, el excedente de los consumidores lo forma el triángulo P1AB y el excedente de los productores el triángulo P10B. En la condición tecnológica representada por la oferta QS2, el excedente de los consumidores es P2AC y el excedente de productores lo representa P20C.

Como puede apreciarse en la figura 5, como resultado del cambio tecnológico, la sociedad gana la diferencia (P2AC - P1AB) por el lado de los consumidores y la diferencia

---

<sup>9</sup> Tales como, compactación de cultivos (consolidación de terrenos por especies de cultivo), sistemas de rotación de cultivos, uso de instrumentos para toma de decisiones (Vr.Gr. programación lineal), y cambios similares orientados a mejorar la capacidad de manejo.

$(P_{20C} - P_{10B})$  por el lado de los productores. En consecuencia, el beneficio social del cambio tecnológico, es la suma de los incrementos en los excedentes, esto es:

$$\text{BENEFICIO SOCIAL} = (P_{2AC} - P_{1AB}) + (P_{20C} - P_{10B})$$

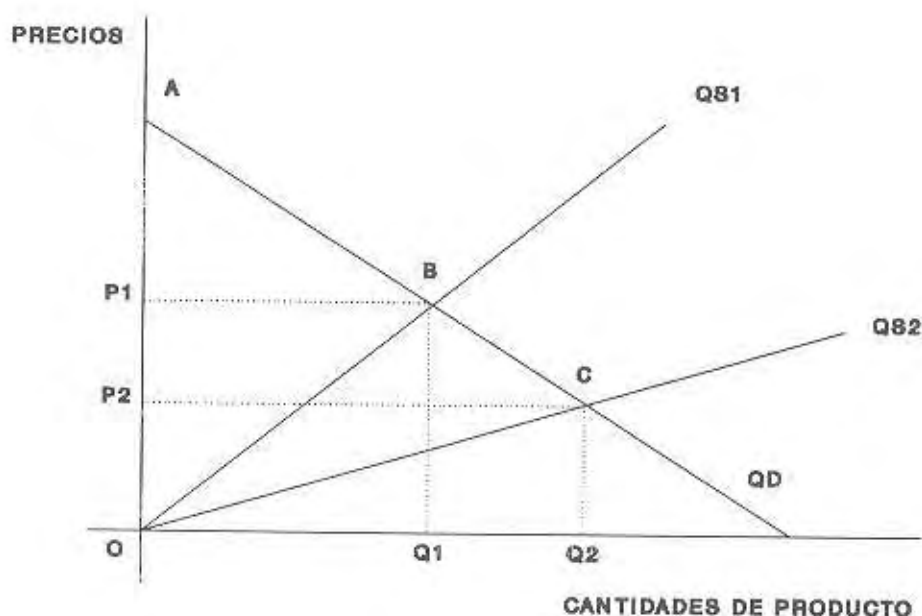


FIGURA 5. Desplazamiento de la oferta en una economía cerrada

#### IV. METODOLOGIA

##### 1. GENERACION DE RESULTADOS

##### 1.1 PERIODO EVALUADO

Se evaluó el período 1973-90. La selección de este período está asociada a la operación

del ICTA en Guatemala. Como ya se indicó, este instituto fue fundado en 1973 y su organización representó para el país, la introducción del enfoque de "Farming Systems Research" para generación de tecnología agropecuaria.

Este cambio institucional puede considerarse como un cambio estructural en las funciones de oferta, pues constituye una nueva fuente de productividad para los cultivos. Por otra parte, este cambio institucional, define un período que facilita el estudio de la rentabilidad social de la inversión en investigación agrícola, pues durante todo este tiempo, esta actividad ha sido desarrollada con un solo enfoque y por una misma institución.

## **1.2 MODELO DE LOS MERCADOS DE MAIZ Y ARROZ EN GUATEMALA**

Los mercados de maíz y arroz en Guatemala son un poco más complicados que el mercado representado en la figura 5. Estos mercados son abiertos, deficitarios y los productores y consumidores se ubican en niveles diferentes de mercado, es decir, en ellos participa el sector externo, la producción interna es insuficiente para atender a la demanda y los productores y consumidores no se relacionan directamente en el intercambio, el cual se lleva a cabo con la participación de una serie de intermediarios.

Un modelo de estos mercados se representa en la figura 6. En este modelo, QSR1 es la oferta en el mercado rural o mercado del productor en las condiciones previas al cambio tecnológico, QSR2 es la oferta en el mercado rural considerando el nuevo estado tecnológico, QDC es la demanda en el mercado al consumidor y QSC es la oferta en el mercado al

consumidor. La oferta en este nivel de mercado es la suma de la producción interna y las importaciones menos las exportaciones. Por otra parte, PINT es el precio vigente en el mercado internacional más los costos necesarios para colocar el producto en la frontera y PR es el precio en el mercado rural.

En los mercados de maíz y arroz en Guatemala, como resultado de la apertura económica, el PR tiende a igualarse al PINT, pues para los importadores resulta rentable la internación de productos hasta el nivel en que los precios internos se igualan a los externos. Por otra parte, el nivel de precios al productor logrado con la internación de producto, dadas las funciones de producción existentes en el país, conduce a niveles de producción incapaces de satisfacer al consumo interno. En este estado de cosas, como consecuencia del mejoramiento de la eficiencia productiva resultante de la investigación agrícola, la capacidad de los productores nacionales para atender al consumo se ve aumentada.

### **1.2.1 ECUACIONES E IDENTIDADES QUE DESCRIBEN ESTOS MERCADOS**

Para el estudio empírico del mercado representado en la figura 6 se ajustó un modelo donde se enfatiza el análisis de la oferta a nivel del productor.

Las relaciones e identidades que componen el modelo se explican a continuación.

#### **1.2.1.1 Ecuación de la cantidad producida**

Esta ecuación identifica a la oferta de producto en el mercado rural o sea aquel nivel de

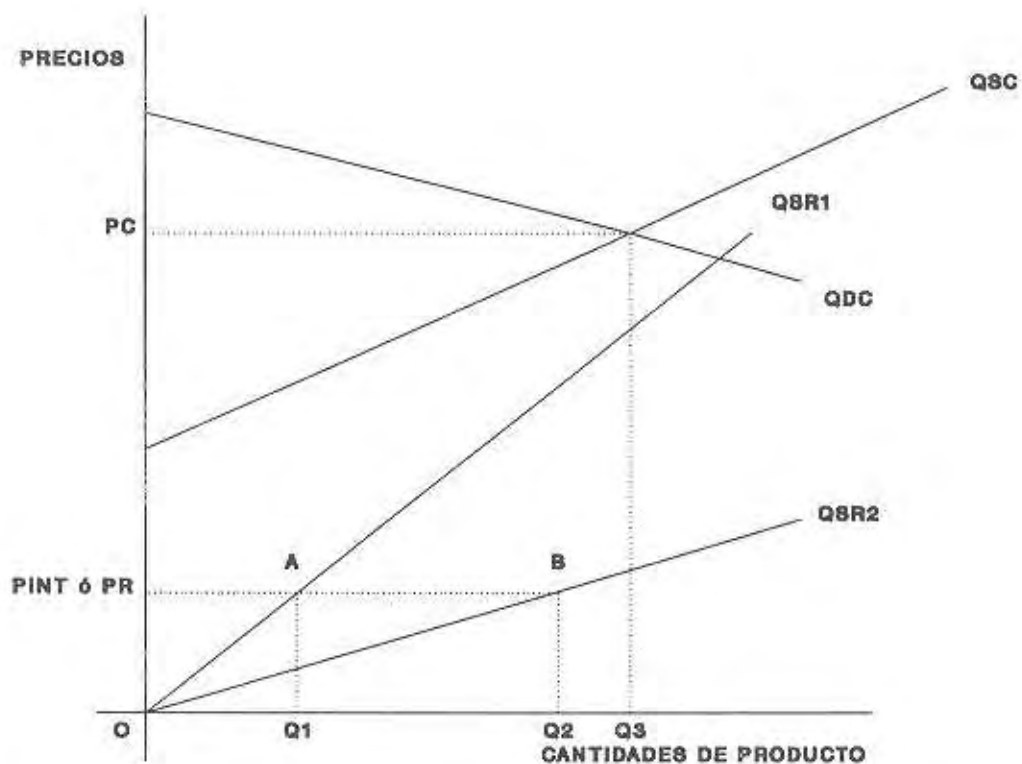


FIGURA 6. Desplazamiento de la oferta en un mercado deficitario y en una economía abierta

mercado donde vende el agricultor. De acuerdo con la teoría económica, se espera que la cantidad ofrecida varíe directamente con el precio del producto e inversamente con los precios de los factores productivos y de los cultivos competitivos. Por otra parte, la cantidad ofrecida responderá de forma positiva a los cambios tecnológicos y a la precipitación pluvial.

En los dos cultivos estudiados, como en otros cultivos que se practican sin contrato de venta, las decisiones de producción se toman con expectativas de precios. En este modelo se asume que los agricultores deciden cuanto producir a partir de los precios obtenidos en la

cosecha anterior.

Respecto a insumos, el productor no crea expectativas de precios debido a que conoce sus precios antes de sembrar, por lo que ajusta su plan de compras con los precios corrientes de estos factores.

En el desarrollo de estas funciones de oferta, los precios de insumos considerados fueron el de la semilla mejorada para maíz y el del fertilizante para arroz. Por otra parte, en las dos funciones se considera el efecto del costo del crédito. Para representar el costo de este factor productivo se empleó la tasa nominal de interés promedio cobrada por el sistema financiero formal. La relevancia de esta variable proxy radica en que constituye una señal para el establecimiento del costo del crédito en todo el sistema financiero, tanto formal como informal.

El componente tecnológico considerado en estas funciones de oferta se encuentra representado por los gastos anuales en investigación en maíz y arroz incurridos por el ICTA, el cual como ya se indicó, es el centro oficial de investigación agropecuaria, y por otra parte, es el único programa con cobertura nacional en este campo. Este factor se formó por acumulación de los gastos anuales. Se asumió que los efectos en la oferta de un nivel de gasto dado principian a manifestarse dos años después de que este se realizó. Para fundamentar este supuesto se parte del hecho de que para liberar las primeras variedades mejoradas de maíz y arroz, el ICTA requirió de sus primeros dos años de operación.



Este es un supuesto puramente operativo. Creemos que la respuesta de la oferta al gasto de investigación tiene un rezago mayor, sin embargo, en ausencia de estudios de adopción de tecnología que permitan documentar el mismo, este supuesto operativo sumado a la especificación acumulativa dada a la variable "gasto en investigación", buscan capturar este rezago en la respuesta de la oferta.

El empleo de los gastos de investigación como proxy del cambio tecnológico, como ya se indicó en la revisión bibliográfica, constituye un recurso analítico introducido por economistas que han evaluado la rentabilidad de la investigación agrícola siguiendo un enfoque en el que la tecnología ha sido concebida como un insumo adicional de la función de producción (Norton y Davis, 1981).

Respecto a cultivos competitivos, debido a que el cultivo de maíz y arroz se practica en diferentes regiones ecológicas y geográficas del país, y al hecho de que en cada una de ellas encuentran distintos cultivos competidores, nos imposibilitó la selección de un competidor en particular, por lo que se asumió que a nivel nacional, el maíz y el arroz no enfrentan ningún cultivo competitivo en especial.

Finalmente, la precipitación pluvial tiene un efecto directo en la cantidad ofrecida de estos granos básicos, pues casi la totalidad de estos cultivos se realiza bajo condiciones de temporal.

En resumen y bajo el supuesto de que todo lo que se produce se vende, la función de oferta de estos granos básicos es la siguiente:

$$PROD_t = f (PINS_t, iN_t, PRP_{t-1}, GRIA_{t-2}, LLUVIA_t)$$

tal que:

$$\delta PROD_t / \delta PINS_t < 0; \delta PROD_t / \delta iN_t < 0; \delta PROD_t / \delta PRM_{t-1} > 0;$$

$$\delta PROD_t / \delta GRIA_{t-2} > 0; \delta PROD_t / \delta LLUVIA_t > 0$$

en donde:

PROD	Oferta nacional del h-ésimo grano en el mercado al productor (miles tm);
PRP <sub>t-1</sub>	Precio real esperado del h-ésimo grano al productor. Precio del año anterior (Quetzales/tm);
iN	Tasa nominal de interés ( % );
PINS	Vector de precios de insumos;
GRIA <sub>t-2</sub>	Conocimiento técnico o factor de cambio tecnológico. Medido a través de los gastos reales de investigación en el h-ésimo grano acumulados con dos años de rezago (miles Quetzales);
LLUVIA	Precipitación pluvial anual (mm).

### 1.2.1.2 Identidad de la cantidad demandada en el mercado de consumo

Esta es una definición del modelo, con la que se plantea que las cantidades demandadas en el mercado de consumo se forman con la suma de la producción destinada al mercado interno y las importaciones.

En el equilibrio del mercado, la oferta es igual a la demanda. Debido a que la información empleada para representar a la cantidad ofrecida en el mercado de consumo constituye la serie de equilibrios de mercado logrados en los t-ésimos años que posee esta serie, esta identidad constituye en cierta forma, una condición de equilibrio del modelo.

La identidad de la cantidad demandada en el mercado de consumo es la siguiente:

$$QDC_t = PROD_t + M_t - X_t$$

en donde:

QDC Cantidad demandada del h-ésimo grano en el mercado de consumo (miles tm);

M Importaciones del h-ésimo grano (miles tm);

X Exportaciones del h-ésimo grano (miles tm);

### 1.2.1.3 Identidad del precio al productor

Con esta identidad se plantea que en mercados abiertos y deficitarios, tales como los de maíz y arroz, el nivel de precios al productor tiende a igualarse con los precios de frontera.

Este aspecto resulta de la internación de productos, la cual cesa en el momento en que los precios internos son iguales a los de importación. Esta identidad representa a la ley de un solo precio.

La identidad del precio al productor es la siguiente:

$$PRP_t = PIM_t$$

en donde:

PRP Precio real del h-ésimo grano al productor (Quetzales/tm);

PIM Precio CIF de importación del h-ésimo grano (Quetzales/tm).

#### 1.2.1.4 Identidad del saldo de comercio

Esta es la condición de equilibrio del modelo, con ella indirectamente se plantea que en el mercado al consumidor, el consumo es igual a la oferta.

El saldo de comercio es la diferencia entre producción y consumo o entre exportaciones e importaciones. Si el saldo es positivo, existe un superávit de producto. Mientras que existe un déficit si el saldo es negativo.

La identidad del saldo de comercio es la siguiente:

$$SC_t = PROD_t - QDC_t$$

en donde:

SC Saldo de comercio del h-ésimo grano (miles tm);

PROD Oferta nacional del h-ésimo grano en el mercado al productor (miles tm).

### 1.3 MODELOS ECONOMETRICOS

En la modelación econométrica, el prototipo descrito en los incisos anteriores sufrió algunas modificaciones, de acuerdo con las exigencias del mercado de cada uno de los cultivos estudiados.

#### 1.3.1 MODELO PARA MAIZ

Para el mercado de maíz, el modelo empleado fue el siguiente:

$$PRODM_t = \beta_{10} + \beta_{11} [PSEM_t/PRM_{t-1}] + \beta_{12} [iNQ_t/PNM_{t-1}] + \beta_{13} GRIMA_{t,2} \\ + \beta_{14} LLUVIA_t + U_{1t}$$

$$QDCM_t = PRODM_t + MM_t - XM_t$$

$$PRM_t = PIMM_t$$

$$SCM_t = PRODM_t - QDCM_t$$

en donde:

U Es el término aleatorio de error

VARIABLES ENDÓGENAS:

PRODM Oferta de maíz en el mercado al productor (miles tm);  
QDCM Cantidad demandada de maíz en el mercado de consumo (miles tm);  
PRM Precio real de maíz al productor (Quetzales/tm);  
SCM Saldo de comercio de maíz (miles tm);

VARIABLES PREDETERMINADAS:

PRM<sub>t-1</sub> Precio real esperado de maíz al productor. Precio del año anterior (Quetzales/tm);  
PNM<sub>t-1</sub> Precio nominal esperado de maíz al productor. Precio del año anterior (Quetzales/kg);  
PSEM Precio real de la semilla mejorada de maíz (Quetzales/tm);  
iNQ Costo nominal de los intereses de un Quetzal (Quetzales);  
GRIMA<sub>t,2</sub> Conocimiento técnico o factor de cambio tecnológico. Medido a través de los gastos reales de investigación en maíz acumulados con dos años de rezago (miles Quetzales);  
LLUVIA Precipitación pluvial anual (mm);  
MM Importaciones de maíz (Quetzales/tm);  
XM Exportaciones de maíz (miles tm);

PIM Precio CIF real de importación de maíz (Quetzales/tm).

### 1.3.2 MODELO PARA ARROZ

Para el mercado de arroz, el modelo empleado fue el siguiente:

$$\text{PRODA}_t = \beta_{10} + \beta_{11} [\text{PFERT}_t/\text{PRA}_{t-1}] + \beta_{12} \ln_t + \beta_{13} \text{GRIAA}_{t,2} \\ + \beta_{14} \text{LLUVIA}_t + U_{1t}$$

$$\text{QDCA}_t = \text{PRODA}_t + \text{MA}_t - \text{XA}_t$$

$$\text{PRA}_t = \text{PIMA}_t$$

$$\text{SCA}_t = \text{PRODA}_t - \text{QDCA}_t$$

en donde:

U Es el término aleatorio de error

VARIABLES ENDÓGENAS:

PRODA Oferta de arroz en el mercado al productor (miles tm);

QDCA Cantidad demandada de arroz en el mercado de consumo (miles tm);

PRA Precio real de arroz al productor (Quetzales/tm);

SCA Saldo de comercio de arroz (miles tm);

VARIABLES PREDETERMINADAS:

PRA <sub>t-1</sub>	Precio real esperado de arroz al productor. Precio del año anterior (Quetzales/tm);
PFERT	Precio real del fertilizante (Quetzales/tm);
iN	Tasa nominal de interés ( % );
GRIAA <sub>t-2</sub>	Conocimiento técnico o factor de cambio tecnológico. Medido a través de los gastos reales de investigación en arroz acumulados con dos años de rezago (miles Quetzales);
LLUVIA	Precipitación pluvial anual (mm);
MA	Importaciones de arroz (miles tm);
XA	Exportaciones de arroz (miles tm);
PIMA	Precio CIF real de importación de arroz (Quetzales/tm).

### 1.3.3 SUPUESTOS DE LOS MODELOS

En los modelos, la única relación con componente aleatorio de error es la primera ecuación (oferta al productor), por lo que los supuestos en que se fundamenta esta ecuación son los siguientes:

- i.  $E(U_{1t}) = 0$ . La media del error.
- ii.  $E(U_{1t})^2 = \sigma_1^2$ . Homocedasticidad. La varianza del término aleatorio de error es única.
- iii.  $E(U_{1t} U_{1v}) = 0$  para todo  $t \neq v$ . Ausencia de autocorrelación. Los errores son independientes.



iv. Ausencia de multicolinealidad. Todas las variables explicativas son independientes.

## 1.4 MEDICION DE LA RENTABILIDAD

### 1.4.1 DETERMINACION DE BENEFICIOS SOCIALES

Como puede apreciarse en la figura 6, el cambio tecnológico en los mercados de maíz y arroz en Guatemala, sólo modifica los excedentes de los productores, pues sus efectos sólo se manifiestan en la oferta interna de estos productos. Debido a la apertura económica, el nivel de consumo es el mismo con y sin cambio tecnológico. Adicionalmente, como resultado del cambio en la tecnología, se reducen las importaciones, lo cual es otro de sus beneficios, pues significa ahorro de divisas.

En síntesis, tomando como referencia a la figura 6, los beneficios sociales del cambio tecnológico en estos mercados son los siguiente:<sup>10</sup>

CAMBIO EN LOS EXCEDENTES DE PRODUCTORES =  $(PRB0 - PRA0)$

y DIVISAS AHORRADAS =  $PINT * (Q2 - Q1)$ ,

por tanto, los beneficios sociales son:

BENEFICIOS SOCIALES =  $(PRB0 - PRA0) + [PINT * (Q2 - Q1)]$

Las mediciones empíricas de los beneficios sociales se realizaron con los modelos econométricos siguiendo esta fórmula, sin embargo, debido a que la oferta al productor es una

---

<sup>10</sup> En todo este trabajo, el asterisco representa al signo de la multiplicación.

función del precio esperado (precio del período anterior) y que este precio puede ser mayor o menor al precio del período actual, fue necesario adicionar o restar en su caso, las ganancias o pérdidas en los excedentes de los productores que esta diferencia en los precios puede ocasionar. Estas situaciones se ilustran en las figuras 7 y 8.

En el caso en que el precio esperado es mayor que el precio actual (figura 7), los beneficios sociales son:

$$\text{CAMBIO EN LOS EXCEDENTES DE PRODUCTORES: } (PR_{t,B0} - PR_{t,A0}) - (ACD + BEF)$$

$$\text{y DIVISAS AHORRADAS} = PINT_t * (Q2 - Q1),$$

cabe indicar que los triángulos ACD y BEF, representan costos marginales no recuperados, es decir, son pérdidas resultantes de haber planeado la producción a un nivel de precios mayor que el que rigió en el mercado.

Por otra parte, en el caso en que el precio esperado es menor que el precio actual (figura 8), los beneficios sociales son:

$$\text{CAMBIO EN LOS EXCEDENTES DE PRODUCTORES} = (PR_{t,I0} - PR_{t,G0}) + GIJH$$

$$\text{y DIVISAS AHORRADAS} = PINT * (Q2 - Q1),$$

cabe indicar que el rectángulo GIJH, representa ingresos marginales adicionales resultantes de haber planeado la producción a un nivel de precios menor que el que rigió en el mercado.

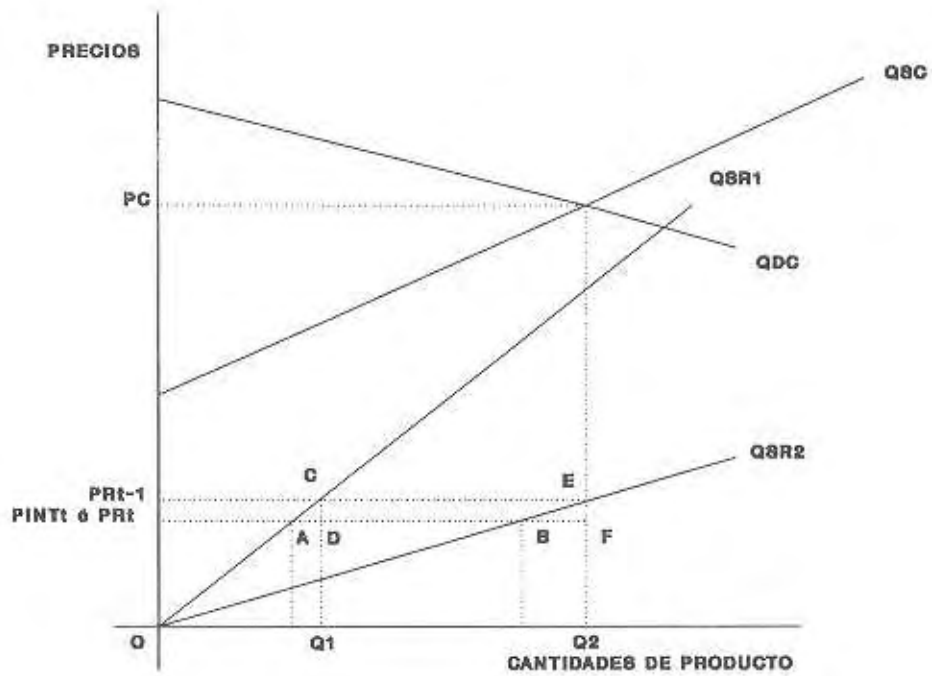


FIGURA 7. Cambio en el excedente del productor en el caso en que  $PR_{t-1} > PR_t$

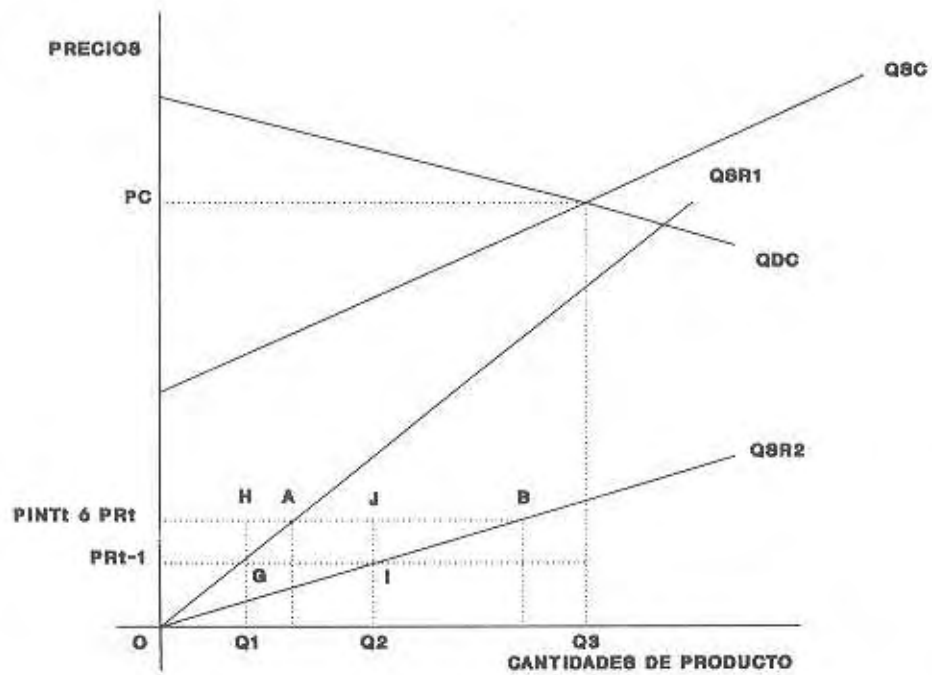


FIGURA 8. Cambio en el excedente del productor en el caso en que  $PR_{t-1} < PR_t$

#### 1.4.2 MODELOS PARA MEDIR LOS BENEFICIOS DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

Para evaluar los beneficios del cambio tecnológico tradicionalmente se sigue el método del "con y el sin", el cual no es más que un formato para hacer comparaciones entre lo que pasa con el proyecto y lo que pasaría sin el proyecto. En este trabajo, la adaptación del "con y el sin" se hizo a través de la comparación de lo que pasó con los programas de investigación y lo que hubiese pasado si estos hubiesen sido interrumpidos. Para cada año de la serie estudiada, se comparó lo que ocurrió ese año con lo que hubiese ocurrido si el programa hubiese sido interrumpido el año anterior. Este procedimiento evaluativo permitió estimar la serie de beneficios sociales marginales resultante de las decisiones de continuar anualmente los programas de investigación.

Creemos que la aplicación ortodoxa del "con y el sin" en un horizonte de tiempo de la longitud del evaluado en este estudio (18 años), hubiese conducido a una sobrevaluación de los beneficios, la cual hubiese resultado del estancamiento tecnológico que constituye el escenario "sin proyecto". Por otro lado, el uso ortodoxo de este escenario no resulta apegado a la realidad, pues en el largo plazo, la ausencia de un programa nacional de investigación agrícola motiva a los agricultores a buscar otras alternativas para elevar la productividad y/o a que las empresas privadas nacionales e internacionales las ofrezcan.

Para hacer operativa la medición de los beneficios sociales del cambio tecnológico en cada uno de los cultivos estudiados, con las funciones de oferta de los modelos econométricos, se formularon funciones para los escenarios con y sin cambio tecnológico correspondientes a

nuestra adaptación del "con y el sin". De acuerdo con la formulación del modelo econométrico, el efecto de la investigación agrícola en el t-ésimo año lo representa  $GRIA_{t,2}$ , de donde se deduce que la ausencia del efecto de la investigación agrícola en el t-ésimo año lo representa  $GRIA_{t,3}$ . Siguiendo este argumento, estos modelos en cuestión se formularon de la manera siguiente:

i. Sea

$$PROD_t = \beta_{10} + \beta_{11} [PINS_t / PRP_{t,1}] + \beta_{12} GRIA_{t,2} + \beta_{13} LLUVIA_t$$

la función de oferta del h-ésimo cultivo a nivel de productor;

ii. Agrupando en el intercepto los efectos de  $GRIA_{t,2}$  y  $LLUVIA_t$ , se tiene:

$$(\beta_{10} + \beta_{12} GRIA_{t,2} + \beta_{13} LLUVIA_t) = \pi_0$$

el cual es el intercepto de la función de oferta del h-ésimo cultivo en el t-ésimo año, **considerando** el efecto del cambio tecnológico;

iii. Agrupando en el intercepto los efectos de  $GRIA_{t,3}$  y  $LLUVIA_t$ , se tiene:

$$(\beta_{10} + \beta_{12} GRIA_{t,3} + \beta_{13} LLUVIA_t) = \mu_0$$

el cual es el intercepto de la función de oferta del h-ésimo cultivo en el t-ésimo año, **sin considerar** el efecto del cambio tecnológico;

iv. Agrupando  $PINS_t$  con el regresor del precio relativo

$[PINS_t / PRP_{t,1}]$ , se tiene:

$$(\beta_{11} PINS_t) = \pi_1$$

el cual es el regresor de la función de oferta del h-ésimo cultivo en el t-ésimo año, **considerando** el efecto del cambio tecnológico; y

$$(\beta_{1t} \text{ PINS}_t) = \mu_1$$

el cual es el regresor de la función de oferta del h-ésimo cultivo en el t-ésimo año, **sin considerar** el efecto del cambio tecnológico.

De donde,

$$\text{PROD}_t = \pi_0 + \pi_1 (1/\text{PRP}_{t-1})$$

es la función de oferta del h-ésimo cultivo en el t-ésimo año, **considerando** el ingrediente de cambio tecnológico; y

$$\text{PROD}_t = \mu_0 + \mu_1 (1/\text{PRP}_{t-1})$$

es la función de oferta del h-ésimo cultivo en el t-ésimo año, **sin considerar** el ingrediente de cambio tecnológico.

### 1.4.3 MEDICION EMPIRICA DE LOS BENEFICIOS SOCIALES

Los cambios en los excedentes de productores se estimaron con rudimentos geométricos y de cálculo integral. Para cada año del período estudiado, se tomaron integrales definidas de las funciones de oferta con y sin cambio tecnológico. Para explicar este procedimiento, para el t-ésimo año sean:

QSCT = f(P)      la función de oferta con cambio tecnológico

$QSST = g(P)$  la función de oferta sin cambio tecnológico

en donde:

P es el precio al productor

Para el caso en que el precio esperado es mayor que el precio actual u observado, la estimación de los cambios en los excedentes de productores se hizo de la manera siguiente:

$$\left[ \int_{p_0}^{p_a} f(p) dp - \int_{p_0}^{p_a} g(p) dp \right] - [ (g(p_e) - g(p_a)) * (p_e - p_a) * 0.5 ] +$$
$$[ (f(p_e) - f(p_a)) * (p_e - p_a) * 0.5 ]$$

que se puede simplificar a

$$\left[ \int_{p_0}^{p_a} f(p) dp - \int_{p_0}^{p_a} g(p) dp \right] - [ (p_e - p_a) * 0.5 * [ (g(p_e) - g(p_a)) + (f(p_e) - f(p_a)) ] ]$$

en donde:

$p_e$  es el precio esperado

$p_0$  es el precio en el que la oferta es igual a cero

$p_a$  es el precio actual u observado

Para el caso en que el precio esperado es menor que el precio actual, la estimación de los cambios en los excedentes de productores se hizo de la manera siguiente:

$$\left[ \int_{p_o}^{p_e} f(p) dp - \int_{p_o}^{p_e} g(p) dp \right] + [ (f(p_e) - g(p_e)) * (p_a - p_e) ]$$

Por otra parte, la medición del ahorro de divisas se hizo de la manera siguiente:

$$[ f(p_e) - g(p_e) ] * \text{precio CIF de importación}$$

#### **1.4.4 BENEFICIOS SOCIALES DEL CAMBIO TECNOLÓGICO GENERADO POR LA INVESTIGACION AGRÍCOLA INSTITUCIONAL**

La estimación de los beneficios sociales atribuibles al trabajo del ICTA se realizó en dos escenarios alternativos. En el primero se asumió que la totalidad de los beneficios sociales son atribuibles al ICTA. En el segundo escenario se asumió que sólo la mitad de tales beneficios son atribuibles al ICTA.

En cierta forma, estos escenarios permitieron estimar el techo y el piso de los beneficios sociales generados por la investigación agrícola gubernamental.

##### **1.4.4.1 ESCENARIO I: LA TOTALIDAD DE LOS BENEFICIOS SOCIALES ES ATRIBUIBLE AL ICTA**

En este escenario se asumió que la variable que representa al cambio tecnológico en las funciones de oferta, es una proxy del cambio técnico inducido por el ICTA. Este supuesto no encuentra ningún conflicto lógico, pues en las ecuaciones de oferta empleadas, esta variable está



representada por los gastos acumulados de investigación incurridos por el ICTA. Por otra parte, el efecto de las otras fuentes de innovaciones tecnológicas que existen en las industrias de maíz y arroz<sup>11</sup>, se encuentra almacenado en los interceptos de estas ecuaciones en cuestión, pues sabemos que estos parámetros consideran los efectos en la oferta de las variables no especificadas en estas funciones.

En este escenario, los beneficios sociales atribuibles al ICTA son el valor total de la suma de los dos beneficios sociales resultantes del cambio tecnológico.

#### **1.4.4.2 ESCENARIO II: EL 50 % DE LOS BENEFICIOS SOCIALES ES ATRIBUIBLE AL ICTA**

En este escenario se asumió que la variable que representa al cambio tecnológico en las funciones de oferta, es una proxi del cambio tecnológico total o sea aquel cambio que resulta del trabajo de todos los agentes que introducen innovaciones tecnológicas en las poblaciones de productores de los dos cultivos estudiados.

En Guatemala, el ICTA es responsable de la investigación agrícola en los dos cultivos que acá se estudiaron, sin embargo, en la generación del cambio tecnológico en el cultivo de maíz, por lo menos, también ha participado un programa privado, el cual ha desarrollado semillas de calidad productiva similares a las generadas por el ICTA, por lo que los beneficios sociales del cambio tecnológico son responsabilidad de ambos programas.

---

<sup>11</sup> Industria vista como población de productores de un bien homogéneo.

En el cultivo de arroz ha ocurrido algo similar. En este caso, en la primera mitad del período evaluado, el cambio tecnológico fue apoyado tanto por la investigación agrícola nacional como por la importación de semillas mejoradas.

Por otra parte, los dos cultivos estudiados han sido sujetos de atención del sistema nacional de extensión agrícola, la cual se vió notablemente incrementada durante 1987-90, con la ejecución del Proyecto de Generación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria y Producción de Semillas (PROGETTAPS). Además, para estos dos cultivos han existido fuentes adicionales de transferencia de conocimientos, tal como la industria internacional de agroquímicos y las empresas nacionales que los comercializan.

Debido a estas razones, para derivar la parte de los beneficios sociales que es atribuible al trabajo del ICTA, se asumió que la mitad de los mismos se puede considerar como reponsabilidad del ICTA, la otra mitad resulta de la investigación privada, trabajo de extensión, transferencia de información de vendedores de insumos y de otros agentes que introduzcan innovaciones tecnológicas.

Debe aclararse que asumir que los gastos de investigación del ICTA son la variable proxi del cambio tecnológico generado por todos los agentes que introducen innovaciones en las industrias de maíz y arroz<sup>12</sup>, es equivalente a asumir que la adopción de la tecnología transferida por estos agentes se vió estimulada por el programa de investigación del ICTA, lo

---

<sup>12</sup> Industria vista como población de productores de un bien homogéneo.

cual podría ser válido sólo para las empresas privadas productoras de semillas y para los agentes que transfieren tecnologías generadas por el ICTA. En primer lugar, porque el programa de investigación del ICTA desarrolló el mercado de semillas mejoradas, lo cual apoyó el ulterior desarrollo de la industria nacional de semillas. En segundo lugar, porque la función del ICTA y los agentes que transfieren su tecnología (servicio de extensión y algunas ONG), es complementaria, aunque debe indicarse que esta relación de trabajo es relativamente nueva y data de mediados de la década de los 80.

Con estas aclaraciones, se puede señalar que este escenario de valuación de beneficios sociales, aún cuando no tiene la formalidad matemática que fundamenta al escenario I, desde la perspectiva de las hipótesis que implícitamente considera, puede resultar útil para hacer una primera aproximación de la contribución de la investigación pública al bienestar nacional.

#### **1.4.5 COSTOS**

La estimación de los costos de los programas de investigación agrícola se puede hacer desde dos perspectivas, una a nivel nacional y otra a nivel internacional. En la perspectiva nacional, los costos a considerar son solamente aquellos en que incurrieron los entes nacionales que participaron en el programa. Los costos en que incurrieron los cooperantes internacionales no se toman en consideración, pues desde el punto de vista de la toma de decisiones locales para la asignación de recursos a la investigación, los recursos importados libremente (incluido el conocimiento), forman parte del medio ambiente en el que se desarrollan las actividades de investigación, por lo que su costo de origen no debe tener ningún efecto en esta toma de

decisiones (Kislev y Hoffman, 1978 citado por Martínez y Sain, 1983).

Por el contrario, desde una perspectiva internacional, la estimación comprende todos los costos incurridos en el programa, tanto a nivel nacional como internacional, pues en este caso, todos los costos de los factores son relevantes en la toma de decisiones de asignación de los recursos.

En el presente estudio, la estimación de costos se hizo desde la perspectiva nacional, por lo que solamente se tomaron en cuenta los costos incurridos por los entes nacionales que han participado en el proceso.

Durante el período estudiado, la investigación agrícola en los cultivos de maíz y arroz en Guatemala, fundamentalmente ha sido realizada por el ICTA y en ella han participado los Programas de Maíz y Arroz, la Disciplina de Prueba y Transferencia de Tecnología (PTT), la Disciplina de Suelos y la Disciplina de Socioeconomía Rural (SER). Adicionalmente, como apoyo indirecto es necesario contabilizar el trabajo administrativo de las unidades direccionales del ICTA.

En este proceso, los Programas de Maíz y Arroz se han encargado del trabajo de mejoramiento genético, para lo cual han contado con la colaboración del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), y otros cooperantes internacionales. La mayor parte del trabajo de estos programas de

investigación se ha llevado a cabo en las estaciones experimentales del ICTA.

La Disciplina de PTT ha trabajado en la evaluación y validación de variedades en campos de agricultores e investigación agronómica en esos sitios de estudio.

La Disciplina de Suelos ha colaborado con los estudios de suelos de los experimentos en campos de agricultores y en la investigación agronómica orientada al desarrollo de recomendaciones de fertilización.

La Disciplina de Socioeconomía Rural se ha encargado de los estudios de diagnóstico, evaluaciones de aceptabilidad de alternativas puestas en validación con agricultores, estudios de adopción de tecnología y estudios especiales.

Las unidades direccionales del ICTA, por su parte, se han encargado del apoyo administrativo. De esta cuenta, los costos directos de la investigación en maíz se encuentran representados por los gastos incurridos por los responsables directos de la realización de la investigación, y los costos indirectos por el apoyo administrativo.

De estas siete actividades mencionadas, las únicas que no presentan dificultades para la estimación de los costos de investigación son los Programas de Maíz y Arroz, puesto que todo su trabajo ha sido realizado en su cultivo respectivo, por lo que su parte en los costos totales de investigación en estos granos básicos lo constituye su ejecución presupuestaria. Mientras que

las cuatro actividades restantes, debido a que prestan el mismo apoyo a otros programas de cultivos, y debido a que en sus presupuestos no se detallan rubros para cultivos específicos, la estimación de estos costos se hace un poco difícil.

Para superar esta dificultad, la proporción del presupuesto de gastos de estas actividades que corresponde a maíz y arroz, se estimó a través de la proporción del trabajo investigativo que han dedicado a estos cultivos. Ello permitió solventar los problemas de las disciplinas de PTT y SER, sin embargo, para la Disciplina de Suelos debido a que la parte del desarrollo de recomendaciones de fertilización ha sido cubierta por PTT y a la mayor dificultad encontrada para medir el costo de los análisis de suelos, se asumió que su participación era un servicio administrativo, por lo que se consideró en ese rubro de costos.

En este punto, cabe indicar que las actividades administrativas fueron consideradas adjuntado una proporción fija a los costos directos o sea a los correspondientes a los Programas de Maíz y Arroz, PTT y SER. Para explicar este punto es necesario indicar que tradicionalmente, la administración se estima como el 10 ó 15 % de los costos directos, sin embargo, debido a que la administración pública se tiene concebida como una actividad cara y al hecho de que este rubro está absorbiendo los costos de la Disciplina de Suelos y a la necesidad de ponderar algunos otros costos no tomados en cuenta por desconocimiento u omisión, la proporción cargada como administración fue del 30 % de los costos directos.

Para estimar la proporción de los presupuestos de gastos de PTT atribuibles a maíz y

arroz, el método seguido fue una entrevista con informantes claves de las diferentes regiones y subregiones que atiende esta actividad, para luego corroborarlos con el Director Técnico de Producción Vegetal del ICTA. Para el caso de SER, esta proporción se estimó con los informes técnicos del equipo de esta disciplina.

El procedimiento anteriormente descrito fue empleado para estimar los costos de 1975 a 1990, período para el cual el ICTA cuenta con información detallada, tanto sobre la ejecución presupuestaria como sobre el trabajo investigativo. Sin embargo, para los años 1973 y 1974, debido a que no se cuenta con información detallada sobre las ejecuciones presupuestarias, se asumió que el gasto de 1974 era igual al de 1975 y que el gasto de 1973 (mayo-diciembre) era la mitad del gasto de 1974. Por otra parte, debido a que este año y medio constituye la etapa transicional entre el instituto que antecedió al ICTA y el ICTA, y al hecho de que en ella se afinó la organización final del sistema de investigación del ICTA,<sup>13</sup> el gasto de investigación estimado se consideró como un costo administrativo, pues en cierta forma constituye gasto por organización.

Para el desarrollo de los modelos econométricos se tomaron los gastos directos en investigación realizados propiamente con el sistema ICTA, lo cual debido a las razones

---

<sup>13</sup> Las primeras referencias sobre el uso del sistema de investigación del ICTA se encuentran en los informes del primer año de trabajo de Prueba de Tecnología: 1975 (ICTA, 1976a y 1976b), en los cuales se informa de las investigaciones conducidas en fincas de agricultores con las modalidades de ensayos de finca y parcelas de prueba. Por otra parte, en el informe técnico de 1974-75 (ICTA, 1975), se indica que la Disciplina de Socioeconomía comenzó a operar a finales de 1974 en el Suroriente del país. También en este informe técnico (ICTA, 1975), puede apreciarse que durante 1974, la investigación agrícola fue conducida con el enfoque tradicional de generación de tecnología en estaciones experimentales y que fue resultado del trabajo exclusivo de los programas especializados del ICTA (Maíz, Arroz, Frijol, Sorgo, Trigo, Hortalizas y Porcinos), por lo que se puede considerar a 1975 como el año en que comienza a usarse en Guatemala el sistema ICTA de investigación agrícola con los rasgos que presenta en la actualidad.

apuntadas en el párrafo anterior, determinó que tales modelos se ajustarán para el período 1975-90.

#### 1.4.6 INDICADORES DE EFICIENCIA ECONOMICA

Para medir la rentabilidad social de la inversión en investigación agrícola, los indicadores empleados fueron la relación Beneficio/Costo (B/C) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Para estimar la relación B/C se utilizó una tasa de descuento del 12.5 % anual, la cual de acuerdo con Gittinger (1987) puede emplearse como la tasa del costo de oportunidad del capital en países en desarrollo.

La relación B/C indica los beneficios obtenidos por unidad de costo y se estima de la forma siguiente:

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^n [ B_t * (1+i)^{-t} ]}{\sum_{t=1}^n [ C_t * (1+i)^{-t} ]}$$

en donde:

B Beneficio

C Costo

i tasa del costo de oportunidad del capital

t = 1, 2, ..., n años de la serie evaluada.



La tasa interna de retorno es aquella tasa de descuento "r" que hace que

$$\sum_{t=1}^n [ (B_t - C_t) * (1+r)^{-t} ] = 0$$

la estimación de este indicador se hace por iteraciones.

## 1.5 LOS DATOS

La información empleada se obtuvo del ICTA, Banco de Guatemala, Instituto Nacional de Estadística (INE) e Instituto de Comercialización Agrícola (INDECA).

## V. RESULTADOS

### 1. GASTOS DE INVESTIGACION

En los cuadros A-1, A-2, A-3 y A-4,<sup>14</sup> se presentan las proporciones estimadas para calcular el costo de la participación de PTT y SER en el proceso de investigación en maíz y arroz, respectivamente. Para el cálculo de los gastos, como ya se indicó en la metodología, se asumió que estas proporciones representan la parte del presupuesto de gastos de los equipos de PTT y SER que cubre el trabajo realizado en estos cultivos. El resultado de usar estas proporciones se presenta en los cuadros A-5 y A-6. En estos cuadros también se presentan los costos incurridos por los Programas de Maíz y Arroz.

---

<sup>14</sup> Cuadros del anexo.

Estos costos están presentados en términos monetarios de cada año, lo cual impide apreciar su comportamiento real, pues llevan implícita la presión inflacionaria. Para tener una idea más precisa al respecto, en los cuadros 3 y 4 se presentan los costos directos anuales de investigación en maíz y arroz y su correspondiente parte administrativa, expresados en precios constantes de 1970.

Cuadro 3  
GASTOS REALES DE INVESTIGACION EN MAIZ  
(QUETZALES DE 1970)

AÑO	GASTOS DIRECTOS	ADMINISTRACION	T O T A L
1973	0	60,466	60,466
1974	0	120,933	120,933
1975	93,025	27,908	120,933
1976	164,871	49,461	214,332
1977	241,656	72,497	314,153
1978	258,168	77,450	335,618
1979	248,887	74,666	323,553
1980	269,231	80,769	350,000
1981	282,871	84,861	367,732
1982	236,825	71,048	307,873
1983	160,724	48,217	208,941
1984	156,175	46,853	203,028
1985	126,410	37,923	164,333
1986	151,051	45,315	196,366
1987	198,841	59,652	258,493
1988	151,695	45,509	197,204
1989	142,424	42,727	185,151
1990	99,429	29,829	129,258

Cuadro 4  
 GASTOS REALES DE INVESTIGACION EN ARROZ  
 (QUETZALES DE 1970)

AÑO	GASTOS DIRECTOS	ADMINISTRACION	T O T A L
1973	0	26,799	26,799
1974	0	53,598	53,598
1975	41,229	12,369	53,598
1976	52,556	15,767	68,323
1977	80,683	24,205	104,888
1978	86,145	25,844	111,989
1979	77,546	23,264	100,810
1980	79,745	23,924	103,669
1981	82,209	24,663	106,872
1982	67,183	20,155	87,338
1983	44,868	13,460	58,328
1984	47,792	14,338	62,130
1985	35,374	10,612	45,986
1986	60,966	18,290	79,256
1987	74,645	22,394	97,039
1988	61,197	18,359	79,556
1989	49,467	14,840	64,307
1990	33,448	10,034	43,482

## 2. MODELOS ECONOMETRICOS

### 2.1 MODELO ECONOMETRICO DEL MERCADO DE MAIZ

El modelo econométrico del mercado de maíz se presenta en el cuadro 5. Puede apreciarse que la ecuación de la oferta de maíz al productor presenta un coeficiente de determinación múltiple de 0.9235, el cual indica que el 92.35 % de la variación de la oferta a nivel de productor lo explica esta ecuación. Además, presenta una F calculada de 32.216 que es altamente significativa, lo cual indica que como relación global, esta ecuación de regresión es significativamente explicativa de la oferta de maíz. Por otra parte, de acuerdo con el criterio de  $|t| > 1$  (Theil, 1971), el precio relativo semilla/maíz [ $PSEM_t/PRM_{t-1}$ ], los gastos acumulados en investigación en maíz [ $GRIMA_{t-2}$ ] y la precipitación pluvial [ $LLUVIA_t$ ], registran efectos significativos en la oferta de maíz. Respecto al análisis de autocorrelación, el estadístico de Durbin-Watson registra un valor de 2.053, el cual es mayor que el límite superior (dU) que dan las tablas para este coeficiente, con lo cual se puede descartar la posible existencia de autocorrelación positiva. Este estadístico en cuestión, también es menor que 4 menos el límite superior que dan las tablas para este coeficiente ( $4 - dU$ ), lo cual también permite descartar la posible existencia de autocorrelación negativa.

En el cuadro 6 se presentan los resultados de un diagnóstico de multicolinealidad practicado a la ecuación de oferta de maíz, el cual se realizó con componentes principales. En este análisis se considera que existe multicolinealidad si a la vez que existe un alto número de condición, un componente contribuye a explicar gran parte de la varianza de más de una variable.

Cuadro 5  
 MODELO ECONOMETRICO DEL MERCADO DE MAIZ EN GUATEMALA

ECUACION DE LA OFERTA EN EL MERCADO AL PRODUCTOR

$$\begin{aligned}
 \text{PRODM}_t = & 485.5301 - 32.5646 [\text{PSEM}_t/\text{PRM}_{t-1}] - 198.8720 [\text{iNQ}_t/\text{PNM}_{t-1}] \\
 & (1.282) \quad (-1.111) \qquad \qquad \qquad (-0.671) \\
 & + 0.1698 \text{GRIMA}_{t-2} + 0.3114 \text{LLUVIA}_t \\
 & (4.177) \qquad \qquad \qquad (2.603)
 \end{aligned}$$

R<sup>2</sup>: 0.9235; Fc: 32.216 [0.0001]; Durbin-Watson: 2.053

IDENTIDAD DE LA DEMANDA EN EL MERCADO DE CONSUMO

$$\text{QDCM}_t = \text{PRODM}_t + \text{MM}_t - \text{XM}_t$$

IDENTIDAD DEL PRECIO AL PRODUCTOR

$$\text{PRM}_t = \text{PIMM}_t$$

IDENTIDAD DEL SALDO DE COMERCIO

$$\text{SCM}_t = \text{PRODM}_t - \text{QDCM}_t$$

NOTA: Los valores entre paréntesis son las razones de "t" de Student, el valor entre corchetes es la significancia de F de Fisher; y R<sup>2</sup> es el coeficiente de determinación múltiple. Los valores límites de Durbin-Watson al 1 % de probabilidad para n = 16 y cuatro variables explicativas, para probar ausencia de autocorrelación positiva son: dL = 0.53 y dU = 1.66; y para probar ausencia de autocorrelación negativa son: 4 - dU = 2.34 y 4 - dL = 3.47

en donde:

VARIABLES ENDÓGENAS:

- PRODM      Oferta de maíz en el mercado al productor (miles tm);
- QDCM      Cantidad demandada de maíz en el mercado de consumo (miles tm);
- PRM        Precio real de maíz al productor (Quetzales/tm);

SCM Saldo de comercio de maíz (miles tm);

VARIABLES PREDETERMINADAS:

$PRM_{t-1}$  Precio real esperado de maíz al productor. Precio del año anterior (Quetzales/tm);

$PNM_{t-1}$  Precio nominal esperado de maíz al productor. Precio del año anterior (Quetzales/kg);

PSEM Precio real de la semilla mejorada de maíz (Quetzales/tm);

iNQ Costo nominal de los intereses de un Quetzal (Quetzales);

$GRIMA_{t-2}$  Conocimiento técnico o factor de cambio tecnológico. Medido a través de los gastos reales de investigación en maíz acumulados con dos años de rezago (miles Quetzales);

LLUVIA Precipitación pluvial anual (mm);

MM Importaciones de maíz (Quetzales/tm);

XM Exportaciones de maíz (miles tm);

PIM Precio CIF real de importación de maíz (Quetzales/tm).

**Cuadro 6**  
**DIAGNOSTICO DE MULTICOLINEALIDAD EN EL MODELO DE OFERTA DE MAIZ AL PRODUCTOR**

COMPONENTE PRINCIPAL	RAICES CARACTERISTICAS	NUMERO DE CONDICION	VARIANZA DE LA J-ESIMA VARIABLE EXPLICADA POR EL i-ESIMO COMPONENTE PRINCIPAL				
			Intercepto	$[PSEM_t/PRM_{t-1}]$	$[iNQ_t/PNM_{t-1}]$	$GRIMA_{t-2}$	LLUVIA <sub>t</sub>
1	4.5978	1.0000	0.0001	0.0009	0.0005	0.0028	0.0004
2	0.3681	3.5340	0.0001	0.0021	0.0059	0.1712	0.0000
3	0.0204	15.0086	0.0052	0.3947	0.0088	0.1044	0.1914
4	0.0117	19.7898	0.0001	0.5058	0.5033	0.3305	0.0851
5	0.0019	49.6782	0.0045	0.0965	0.4814	0.3907	0.7251

NOTA: Se dice que existe multicolinealidad, si simultáneamente con un alto número de condición un componente principal contribuye a explicar una alta proporción de la varianza de más de una variable.

Como puede apreciarse en el cuadro 6, no existen signos serios de multicolinealidad, sin embargo, el hecho de que el mismo componente que explica la mitad de la varianza de  $[PSEM_t/PRM_{t-1}]$  también explica la mitad de la varianza de  $[iNQ_t/PNM_{t-1}]$ , sugiere la existencia

de alguna colinealidad entre estos precios relativos.

Para determinar la seriedad de esta colinealidad, se ajustaron dos modelos de oferta de maíz, en los cuales se quitó y se adicionó alternamente el efecto de estos precios relativos. Este análisis es puramente intuitivo y se condujo comparando los regresores y errores estándar de estos modelos con los estimados con el primer modelo (llamémosle el modelo completo). Estas comparaciones se presentan en el cuadro 7. Puede apreciarse en este cuadro, que al quitar alternamente cada uno de estos precios relativos, la variabilidad de los regresores (sus errores estándar) se reduce ligeramente, lo cual corrobora la existencia de una ligera colinealidad.<sup>15</sup> Por otra parte, puede apreciarse que las magnitudes de los regresores, exceptuando el de  $[iNQ_t/PNM_{t-1}]$ , registran leves variaciones al quitar o adicionar estos precios relativos, lo cual sugiere que la colinealidad no es perjudicial para estos regresores. Ahora, el hecho de que el coeficiente de regresión parcial de  $[iNQ_t/PNM_{t-1}]$  se incremente en valor absoluto en casi 50 % al quitar  $[PSEM_t/PRM_{t-1}]$ , pero que todavía se mantenga no significativo<sup>16</sup> y dentro de los límites que establece un error estándar arriba y debajo del regresor del modelo completo, indica que la ausencia de significancia no se debe a la colinealidad, por lo que desde la perspectiva de esta variable, la ligera colinealidad identificada en el cuadro 6, tampoco resulta perjudicial, por lo que el modelo completo puede emplearse para los usos explicativos y predictivos en que fue ocupado en este estudio. Sin embargo, para tener un escenario carente de toda sospecha de multicolinealidad, el modelo donde falta  $[iNQ_t/PNM_{t-1}]$  también fue empleado.

---

<sup>15</sup> De acuerdo con la literatura, en presencia de multicolinealidad, los errores estándar tienden a ser más grandes (Johnston, 1979, Gujarati, 1982).

<sup>16</sup> Su error estándar es mayor que su regresor, lo que hace una  $t < 1$ .

Cuadro 7  
COMPARACION DE LOS REGRESORES Y ERRORES ESTANDARD  
EN MODELOS DE OFERTA DE MAIZ AL PRODUCTOR

VARIABLES	MODELO COMPLETO	MODELO DONDE FALTA [iNQ <sub>t</sub> /PNM <sub>t-1</sub> ]	MODELO DONDE FALTA [PSEM <sub>t</sub> /PRM <sub>t-1</sub> ]
COEFICIENTES DE REGRESION PARCIAL			
Intercepto	485.5301	310.4776	332.8169
[PSEM <sub>t</sub> /PRM <sub>t-1</sub> ]	-32.5646	-37.0013	---
[iNQ <sub>t</sub> /PNM <sub>t-1</sub> ]	-198.8720	---	-273.2227
GRIMA <sub>t-2</sub>	0.1698	0.1927	0.1685
LLUVIA <sub>t</sub>	0.3114	0.3392	0.3374
ERRORES ESTANDARD DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION PARCIAL			
Intercepto	378.7144	268.0107	356.3056
[PSEM <sub>t</sub> /PRM <sub>t-1</sub> ]	29.3150	27.8961	---
[iNQ <sub>t</sub> /PNM <sub>t-1</sub> ]	296.5611	---	291.7127
GRIMA <sub>t-2</sub>	0.0407	0.0214	0.0410
LLUVIA <sub>t</sub>	0.1196	0.1097	0.1185
COEFICIENTES DE DETERMINACION MULTIPLE			
	0.9235	0.9204	0.9150

## 2.2 MODELO ECONOMETRICO DEL MERCADO DE ARROZ

En el cuadro 8 se presenta el modelo econométrico del mercado de arroz. En este cuadro se observa que la ecuación de oferta registra un coeficiente de determinación múltiple de 0.64, el cual indica que el 64 % de la variación de la oferta a nivel de productor lo explica este modelo. También se aprecia que esta ecuación presenta una F calculada de 4.89, que es significativa al 1.64 %, lo cual apoya la hipótesis de la relevancia global de esta regresión. Por otra parte, de acuerdo con el criterio de Theil  $|t| > 1$  (Theil, 1971), el gasto acumulado en investigación en arroz [GRIAA<sub>t-2</sub>] es la única variable que registra efectos significativos en la



oferta de arroz al productor. Finalmente, el estadístico de Durbin-Watson registra un valor de 1.815, el cual permite rechazar las posibilidades de existencia de autocorrelación positiva o negativa, pues es mayor que dU y menor que 4-dU.

Cuadro 8  
 MODELO ECONOMETRICO DEL MERCADO DE ARROZ EN GUATEMALA

<p>ECUACION DE LA OFERTA EN EL MERCADO AL PRODUCTOR</p> $\text{PRODA}_t = 44.7644 - 13.0256 [\text{PFERT}_t/\text{PRA}_{t-1}] - 1.3635 \text{ iN}_t$ <p style="text-align: center;">(1.314) (-0.991) (0.054) (-0.936)</p> $+ 0.0492 \text{ GRIAA}_{t-2} + 0.00082 \text{ LLUVIA}_t$ <p style="text-align: center;">(3.356) (0.054)</p> <p>R<sup>2</sup>: 0.640 ; Fc: 4.890 [0.0164]; Durbin-Watson: 1.815</p> <p>IDENTIDAD DE LA DEMANDA EN EL MERCADO DE CONSUMO</p> $\text{QDCA}_t = \text{PRODA}_t + \text{MA}_t - \text{XA}_t$ <p>IDENTIDAD DEL PRECIO AL PRODUCTOR</p> $\text{PRA}_t = \text{PIMA}_t$ <p>IDENTIDAD DEL SALDO DE COMERCIO</p> $\text{SCA}_t = \text{PRODA}_t - \text{QDCA}_t$
---

NOTA: Los valores entre paréntesis son las razones de "t" de Student, el valor entre corchetes es la significancia de F de Fisher; y R<sup>2</sup> es el coeficiente de determinación múltiple. Los valores límites de Durbin-Watson al 1 % de probabilidad para n = 16 y cuatro variables explicativas, para probar ausencia de autocorrelación positiva son: dL = 0.53 y dU = 1.66; y para probar ausencia de autocorrelación negativa son: 4 - dU = 2.34 y 4 - dL = 3.47

en donde:

VARIABLES ENDÓGENAS:

PRODA	Oferta de arroz en el mercado al productor (miles tm);
QDCA	Cantidad demandada de arroz en el mercado de consumo (miles tm);
PRA	Precio real de arroz al productor (Quetzales/tm);
SCA	Saldo de comercio de arroz (miles tm);

VARIABLES PREDETERMINADAS:

$PRA_{t-1}$	Precio real esperado de arroz al productor. Precio del año anterior (Quetzales/tm);
PFERT	Precio real del fertilizante (Quetzales/tm);
iN	Tasa nominal de interés ( % );
$GRIAA_{t-2}$	Conocimiento técnico o factor de cambio tecnológico. Medido a través de los gastos reales de investigación en arroz acumulados con dos años de rezago (miles Quetzales);
LLUVIA	Precipitación pluvial anual (mm);
MA	Importaciones de arroz (miles tm);
XA	Exportaciones de arroz (miles tm);
PIMA	Precio CIF real de importación de arroz. (Quetzales/tm).

El hecho de que el coeficiente de determinación sea relativamente alto y que se observe significancia solamente en una variable, hace sospechar de la existencia de multicolinealidad. En el cuadro 9 se presentan los resultados del diagnóstico de multicolinealidad realizado a esta ecuación. Siguiendo los lineamientos indicados para la interpretación del diagnóstico de multicolinealidad usando componentes principales, en el cuadro 9 puede apreciarse que en la ecuación de oferta de arroz al productor no existen síntomas de multicolinealidad, por lo que puede rechazarse esta sospecha.

**Cuadro 9**  
**DIAGNOSTICO DE MULTICOLINEALIDAD EN EL MODELO DE OFERTA DE ARROZ AL PRODUCTOR**

COMPONENTE PRINCIPAL	RAZONES CARACTERISTICAS	NUMERO DE CONDICION	VARIANZA DE LA J-ESIMA VARIABLE EXPLICADA POR EL I-ESIMO COMPONENTE PRINCIPAL				
			Intercepto	[PSEM/PRM <sub>t-1</sub> ]	[iNQ/PNM <sub>t-1</sub> ]	GRIMA <sub>t-1</sub>	LLUVIA <sub>t-1</sub>
1	4.6741	1.0000	0.0003	0.0019	0.0008	0.0044	0.0004
2	0.2504	4.3202	0.0021	0.0175	0.0003	0.3523	0.0023
3	0.0600	8.8267	0.0026	0.4404	0.0775	0.0733	0.0109
4	0.0115	20.1145	0.0142	0.2584	0.7499	0.3627	0.3102
5	0.0039	34.5799	0.0008	0.2818	0.1716	0.2067	0.6763

NOTA: Se dice que existe multicolinealidad, si simultáneamente con un alto número de condición un componente principal contribuye a explicar una alta proporción de la varianza de más de una variable.

### 3. RENTABILIDAD SOCIAL DE LA INVESTIGACION AGRICOLA EN MAIZ

Este análisis se condujo con los dos modelos de oferta seleccionados para maíz. El primero se refiere al modelo completo o sea aquel que considera todos los efectos especificados para la oferta en este trabajo (cuadro 5). El segundo está referido a la especificación de la oferta de maíz que excluye el efecto de la tasa de interés [iNQ/PNM<sub>t-1</sub>] (cuadro 7). Este segundo modelo se le denominó modelo incompleto.

En los cuadros A-7, A-8, A-9 y A-10, se presentan las funciones de oferta de maíz con y sin cambio tecnológico, los incrementos en los excedentes de productores y los ahorros de divisas resultantes de las decisiones de continuar anualmente el programa de investigación en maíz, y la suma de ambos beneficios sociales, para el caso del modelo completo. Por su parte, en los cuadros A-11, A-12, A-13 y A-14, resultados de la misma naturaleza son presentados para el caso del modelo incompleto.

En los cuadros 10 y 11 se presentan los flujos de beneficios sociales correspondientes a los dos escenarios de estimación empleados y el flujo de gastos de investigación, y los indicadores de eficiencia económica estimados para medir la rentabilidad social, para los casos de los modelos completo e incompleto, respectivamente. Puede apreciarse en estos cuadros que el programa de investigación en maíz registró relaciones B/C de 12.111 y 14.318, y tasas internas de retorno (TIR) de 136.606 y 148.144 %, en el escenario I, para los casos del modelo completo e incompleto, respectivamente. En el escenario II, se obtuvieron relaciones B/C de 6.055 y 7.159, y TIR de 96.948 y 106.804 %, para los modelos completo e incompleto, respectivamente. Estos indicadores evidencian que este programa tiene una alta rentabilidad social para la economía nacional.

Las relaciones B/C indican que por cada Quetzal gastado en investigación agrícola en maíz retornaron entre 14.32 y 6.06 en beneficios sociales. Por su parte, para los escenarios I y II, las TIR indican que si el programa de investigación agrícola en maíz fuese una actividad privada y las ganancias sociales fuesen beneficios privados, este programa pudo haberse financiado con préstamo y pagar intereses hasta por 148.144 y 96.948 % anual, respectivamente, y no incurrir en pérdida.

Según Gittinger (1987), el costo de oportunidad del capital en los países en desarrollo se encuentra entre el 8 y 15 %, por lo que el hecho de que las TIR estimadas para este programa sean entre 9 y 6 veces más grandes que el límite superior del costo de oportunidad del capital, es otro elemento que evidencia la alta rentabilidad de este programa.

Cuadro 10  
 CASO MODELO COMPLETO. BENEFICIOS SOCIALES, GASTOS E INDICES DE  
 RENTABILIDAD SOCIAL DE LA INVESTIGACION AGRICOLA EN MAIZ, 1973 - 90  
 ( miles de Quetzales de 1970 )

AÑO	GASTOS TOTALES DE INVESTIGACION EN MAIZ	BENEFICIOS SOCIALES ATRIBUIBLES AL ICTA *	
		ESCENARIO I	ESCENARIO II
1973	60.467	0	0
1974	120.933	0	0
1975	120.933	0	0
1976	214.332	0	0
1977	314.153	1,970.199	985.100
1978	335.618	3,665.395	1,832.698
1979	323.553	5,186.222	2,593.111
1980	350.000	6,199.576	3,099.788
1981	367.732	5,737.235	2,868.617
1982	307.873	6,906.783	3,453.391
1983	208.941	5,667.923	2,833.961
1984	203.028	4,631.943	2,315.972
1985	164.333	2,759.356	1,379.678
1986	196.366	3,781.211	1,890.606
1987	258.493	3,550.827	1,775.413
1988	197.204	3,335.542	1,667.771
1989	185.151	6,439.968	3,219.984
1990	129.258	4,253.632	2,126.816
TOTAL DESCONTADO AL 12.5 % ANUAL	1,502.934	18,201.848	9,100.924
RELACION B/C		12.111	6.055
TIR		136.606 %	96.948 %

\* En el ESCENARIO I, el 100 % de los beneficios del cambio tecnológico es atribuible al ICTA; en el ESCENARIO II, el 50 % de los beneficios del cambio tecnológico es atribuible al ICTA.

Cuadro 11  
 CASO MODELO INCOMPLETO. BENEFICIOS SOCIALES, GASTOS E INDICES DE  
 RENTABILIDAD SOCIAL DE LA INVESTIGACION AGRICOLA EN MAIZ, 1973 - 90  
 ( miles de Quetzales de 1970 )

AÑO	GASTOS TOTALES DE INVESTIGACION EN MAIZ	BENEFICIOS SOCIALES ATRIBUIBLES AL ICTA *	
		ESCENARIO I	ESCENARIO II
1973	60.467	0	0
1974	120.933	0	0
1975	120.933	0	0
1976	214.332	0	0
1977	314.153	2,387.060	1,193.530
1978	335.618	4,405.733	2,202.867
1979	323.553	6,197.968	3,098.984
1980	350.000	7,324.942	3,662.471
1981	367.732	6,766.080	3,383.040
1982	307.873	8,167.561	4,083.781
1983	208.941	6,692.089	3,346.044
1984	203.028	5,464.584	2,732.292
1985	164.333	3,269.724	1,634.862
1986	196.366	4,412.667	2,206.334
1987	258.493	4,093.750	2,046.875
1988	197.204	3,851.429	1,925.715
1989	185.151	7,377.936	3,688.968
1990	129.258	4,925.587	2,462.793
TOTAL DESCONTADO AL 12.5 % ANUAL	1,502.934	21,518.422	10,759.211
RELACION B/C		14.318	7.159
TIR		148.144 %	106.804 %

\* En el ESCENARIO I, el 100 % de los beneficios del cambio tecnológico es atribuible al ICTA; en el ESCENARIO II, el 50 % de los beneficios del cambio tecnológico es atribuible al ICTA.

#### 4. RENTABILIDAD SOCIAL DE LA INVESTIGACION AGRICOLA EN ARROZ

Las funciones de oferta de arroz al productor se presentan en el cuadro A-15 y en los cuadros A-16 y A-17, se presentan los incrementos en los excedentes de productores y los ahorros de divisas generados por las decisiones de continuar anualmente el programa de investigación en arroz y en el cuadro A-18 se presenta la suma de tales beneficios sociales.

En el cuadro 12 se presentan los resultados del análisis de rentabilidad social de la investigación agrícola en arroz. Este cuadro contiene los flujos de beneficios sociales y gastos de investigación, las relaciones B/C y las TIR, de los dos escenarios empleados para estimar los beneficios.

Puede apreciarse en el cuadro 12 que la rentabilidad de la investigación agrícola en arroz también es alta, aunque no alcanza los niveles del programa de investigación en maíz. En este caso, las relaciones B/C son de 6.678 y 3.339, y las TIR son de 96.512 y 63.098 %, en los escenarios I y II, respectivamente.

Comparando las TIR de este programa de investigación agrícola con el intervalo en que se encuentra el costo de oportunidad del capital en los países en desarrollo (8 - 15 %) (Gittinger, 1987), se tiene que éstas tasas son entre 6 y 4 veces más altas que el límite superior de este intervalo, con lo cual se tiene un elemento extra que apoya el argumento de que la investigación agrícola en arroz ha sido una actividad altamente rentable para la economía nacional.

Cuadro 12  
**BENEFICIOS SOCIALES, GASTOS E INDICES DE RENTABILIDAD SOCIAL DE LA  
 INVESTIGACION AGRICOLA EN ARROZ, 1973 - 90**  
 ( miles de Quetzales de 1970 )

AÑO	GASTOS TOTALES DE INVESTIGACION EN ARROZ	BENEFICIOS SOCIALES ATRIBUIBLES AL ICTA *	
		ESCENARIO I	ESCENARIO II
1973	26.799	0	0
1974	53.598	0	0
1975	53.598	0	0
1976	68.323	0	0
1977	104.888	420.887	210.444
1978	111.989	756.966	378.483
1979	100.810	1,033.524	516.762
1980	103.669	1,207.288	603.644
1981	106.872	1,008.959	504.480
1982	87.338	860.944	430.472
1983	58.328	1,150.776	575.388
1984	62.130	657.926	328.963
1985	45.986	523.363	261.682
1986	79.256	837.062	418.532
1987	97.039	600.661	300.331
1988	79.556	711.131	355.565
1989	64.307	1,159.486	579.743
1990	43.482	1,047.182	523.591
TOTAL DESCONTADO AL 12.5 % ANUAL*	507.274	3,387.424	1,693.712
RELACION B/C		6.678	3.339
TIR		96.512 %	63.098 %

\* En el ESCENARIO I, el 100 % de los beneficios del cambio tecnológico es atribuible al ICTA; en el ESCENARIO II, el 50 % de los beneficios del cambio tecnológico es atribuible al ICTA.



## 5. COMPARACION CON OTROS ESTUDIOS SOBRE RENTABILIDAD SOCIAL DE LA INVESTIGACION AGRICOLA EN MAIZ Y ARROZ

De acuerdo con los resultados obtenidos, de los programas de investigación en maíz en la región centroamericana, el programa del ICTA en Guatemala es uno de los más rentables en términos sociales y se compara con la experiencia evaluada por Martínez y Saín (1983) en el Caisán, Panamá. En este caso, como ya se indicó en la revisión bibliográfica, la TIR se encuentra entre 118 y 194 % cuando se asume ausencia de precios de garantía y toma valores entre 155 y 325 % cuando se toman en cuenta estos precios de apoyo a los productores.

Sobre arroz no encontramos referencias para Centro América, sin embargo, los datos existentes sugieren que a nivel latinoamericano, el programa de investigación del ICTA se encuentra en niveles de rentabilidad social similares a los del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el centro rector de la investigación agrícola en arroz en la región.

En un estudio reciente que cubre el período 1966-90, Sanint (1992) encontró que la contribución del CIAT a la investigación latinoamericana de arroz, en términos de costos y beneficios sociales, posee una TIR de 69 %.

Por otra parte, un estudio hecho en Colombia en los años 70, permite indicar que el programa de arroz del ICTA se puede ubicar en el grupo de los programas con altos retornos sociales. Scobie y Posada (1976), encontraron que en Colombia durante 1957-74, la

investigación agrícola en arroz registró TIR sociales que oscilaron entre 79 y 101 %.

## VI. CONCLUSIONES

1. Los costos de investigación gubernamental en maíz y arroz fueron de Q1,503 miles y Q507 miles, respectivamente, y en su orden, en el escenario más restrictivo para estimación de beneficios, rindieron entre Q9,101 miles y Q1,694 miles en beneficios para la sociedad. En el escenario carente de restricciones para la estimación de beneficios, la investigación agrícola en maíz y arroz, rindió beneficios sociales por Q21,518 miles y Q3,387 miles, respectivamente.
2. En términos de beneficio/costo, por cada Quetzal invertido en el ICTA para la generación y validación de tecnología para el cultivo de maíz, se obtuvieron entre 6.06 y 14.32 en beneficios sociales. En estos mismos términos, los retornos para arroz oscilaron entre 3.34 y 6.68.
3. Las TIR estimadas para los programas de investigación en maíz y arroz se encuentran en niveles que son entre 4 y 9 veces más grandes que el máximo nivel esperado para el costo de oportunidad del capital en países en desarrollo (15 %), lo cual es otro aspecto que evidencia su alta rentabilidad social.

4. En términos generales, los resultados obtenidos apoyan el argumento de que la investigación agrícola gubernamental en maíz y arroz en Guatemala ha sido una actividad altamente rentable para la sociedad nacional.
5. Frente a otras experiencias de investigación agrícola en maíz y arroz, los programas del ICTA se pueden ubicar entre los casos de alta rentabilidad social.

## VII. IMPLICACIONES

- De acuerdo con Evenson y Flores (1978), los altos índices de rentabilidad sugieren que el nivel de inversión en investigación agrícola ha sido reducido. Este argumento es equivalente a indicar que si los beneficios sociales son el resultado de asignar recursos a una función de producción, la asignación de recursos para investigación agrícola en maíz y arroz, todavía se encuentra en la primera etapa de la producción, pues en esta etapa, el nivel de recursos empleados es bajo y registra productividades altas y crecientes, lo cual se asemeja al perfil mostrado por la investigación en maíz y arroz. Por tanto, una primera implicación de este trabajo es que la asignación de recursos en estos programas de investigación no ha sido la óptima.
- Por otra parte, los bajos niveles de inversión en investigación agrícola en maíz y arroz y las altas ganancias sociales obtenidas, sugieren también que la sociedad está ganando una cuasi renta, la cual de acuerdo con la teoría económica debería ser empleada en el

largo plazo para reproducir el recurso que la genera. En este caso, esta cuasi renta debe utilizarse para reproducir la capacidad investigativa del ICTA, tanto en instalaciones físicas como en programas de formación de capital humano y para evitar el éxodo del capital humano logrado.

La investigación agrícola en maíz y arroz probó ser un instrumento para la liberación de estrangulamientos de balanza de pagos, por lo que su utilidad como instrumento de política trasciende a las políticas agrícola, alimentaria y de desarrollo rural a las que pertenece y le abre espacio para pertenecer al conjunto de instrumentos de las políticas monetaria y de comercio exterior.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

CALDERON, S.P. y S.R. RUANO (1980) Adopción de Semillas Mejoradas Generadas por el ICTA con Agricultores Colaboradores en la Región I de Guatemala, años 1976 a 1979. Guatemala, SER/ICTA.

CASTILLO, L.M. (1982) "El Sistema Tecnológico del ICTA" in Ciencia y Tecnología Agropecuaria I(1):1-10. (Guatemala, ICTA).

CORDON, V.C. y M. VASQUEZ (1990) Evaluación de la Adopción del Componente Semilla de Maíz ICTA B-1, ICTA B-5, La Máquina, HB-83, y de Frijol Ostua, incluidos en Parcelas de Transferencia del Proyecto PROGETTAPS, en los Departamentos de Zacapa y Chiquimula, 1987-89. Guatemala, SER/ICTA (no publicado).

CHINN, D.L. (1976) "The Marketed Surplus of a Subsistence Crop: Paddy Rice in Taiwan" in *American Journal of Agricultural Economics* 58(3):583-587.

DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA (DGE) (1983) "Cultivos, Producción Agrícola y Forestal" in Censo Nacional Agropecuario 1979, Volumen II, Tomo I. Guatemala, DGE.

EVENSON, R. (1967) "The Contribution of Agricultural Research to Production" in *Journal of Farm Economics* 49:1415-1425.

EVENSON, R. (1978) "The Organization of Research to Improve Crops and Animals in Low-Income Countries" in T.W. Schultz (ed) *Distortions of Agricultural Incentives*. Bloomington, Indiana University Press. Páginas 223-245.

EVENSON, R. E. y P. M. FLORES (1978) "Social Returns to Rice Research" in *Economic Consequences of the New Rice Technologies*, Los Baños, Filipinas, International Rice Research Institute (IRRI). Páginas 243-265.

GITTINGER, J. P. (1987) *Análisis Económico de Proyectos Agrícolas*. 2da. Reimpresión de la 2da. Edición. Traducción del inglés de C. Saavedra Arce. Madrid, Tecnos.

GODINEZ LOPEZ, L.; M. TUCUX PISQUIY; G. MEJIA CHOCOLA y L.E. JUAREZ (1990) Estudio de Adopción de la Tecnología Transferida por el Sistema Modular del Proyecto de Generación y Transferencia de Tecnología y Producción de Semillas, Quetzaltenango y Totonicapán, 1988-89. Quetzaltenango, SER/ICTA.

GRILICHES, Z. (1964) "Research Expenditures, Education, and the Aggregate Agricultural Production Function" in *American Economic Review* 45:419-428.

GRILICHES, Z. (1980) "Costos de Investigación y Ventajas Sociales: Maíz Híbrido y otras Innovaciones" in E. FLORES (ed): *Lecturas Sobre Desarrollo Agrícola*. Lecturas del Trimestre Económico No. 1. México, Fondo de Cultura Económica. Páginas 268-287.

GUJARATI, D. (1982) *Econometría Básica*. Traducción del inglés de J.M. Mesa. México, Libros McGraw-Hill.

HAYAMI, Y. y R. W. HERDT: (1978) "Market Price Effects of New Rice Technology on Income Distribution" in *Economic Consequences of the New Rice Technology*. Los Baños, Filipinas, International Rice Research Institute (IRRI). Páginas 283-302.

HIDALGO PORTILLO, I.A. (1987) Estudio Preliminar de la Importancia de las Semillas Certificadas en el Proceso Productivo de los Cultivos de Maíz, Ajonjolí y Arroz en Cuatro Parcelamientos Agrarios: Caballo Blanco, Santa Fe, El Reposo y El Rosario. Retalhuleu, ICTA-Subregión IV-3.

INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS (ICTA) (1975) Informe Anual Junio 1974 - Julio 1975. Guatemala, ICTA.

ICTA (1976a) Informe Anual La Máquina - 1975. Guatemala, ICTA.

ICTA (1976b) Informe Anual Equipo de Producción "O" 1975. Guatemala, ICTA.

- ICTA (1990a) Recomendaciones Técnicas Agropecuarias. Región VI. Quetzaltenango, Totonicapán, San Marcos, Suchitepéquez y Retalhuleu. Guatemala, ICTA.
- ICTA (1990b) Recomendaciones Técnicas Agropecuarias. Región VII. Huehuetenango y Quiché. Guatemala, ICTA.
- ICTA (1992) Recomendaciones Técnicas Agropecuarias. Región V. Chimaltenango, Sacatepéquez y Escuintla. Guatemala, ICTA.
- ICTA (1993a) Recomendaciones Técnicas Agropecuarias. Región II. Alta y Baja Verapaz, Valle del Polochic. Bárcena, Villa Nueva, ICTA.
- ICTA (1993b) Recomendaciones Técnicas Agropecuarias. Región III. Zacapa, Chiquimula, El Progreso e Izabal. Guatemala, ICTA.
- ICTA (1993c) Recomendaciones Técnicas Agropecuarias. Región IV. Jutiapa, Jalapa y Santa Rosa. Bárcena, Villa Nueva, ICTA.
- JOHNSTON, J. (1979) Métodos de Econometría. 2da. Reedición. Traducción del inglés de J.M. Otero Moreno. Barcelona, Vicens-Vives.
- KISLEV, Y. y M. HOFFMAN (1978) "Research and Productivity in Wheat in Israel" in *Journal of Development Studies* 14:166-181.
- LINDNER, R. K. y F. G. JARRET: (1978) "Supply Shifts and the Size of Research Benefits" in *American Journal of Agricultural Economics* 60(1):48-58.
- MARTINEZ, J. C. y G. SAIN (1983) The Economic Returns to Institutional Innovations in National Agricultural Research: On-Farm Research in IDIAP Panamá. CIMMYT Economics Program Working Paper 04/83. México, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
- MARTINEZ GUERRA, J.A. (1990) Evaluación de Semillas Mejoradas de Maíz, Frijol, Sorgo y Arroz a través del PROGETTAPS, en la Subregión IV-Jutiapa. Jutiapa, SER/ICTA (no publicado).
- NORTON, G. W. y J. S. DAVIS (1981) "Evaluating Returns to Agricultural Research: A Review" in *American Journal of Agricultural Economics* 63(4):685-699.
- REYES HERNANDEZ, M. (1982a) Evaluación del Impacto de la Tecnología Generada por el ICTA para el Cultivo de Maíz en el Parcelamiento La Máquina. Una Evaluación de Adopción de Tecnología. Guatemala, SER/ICTA.

REYES HERNANDEZ, M. (1982b) Evaluación del Impacto de la Tecnología Generada por el ICTA para el Cultivo de Maíz en el Parcelamiento La Blanca. Una Evaluación de Adopción de Tecnología. Guatemala, SER/ICTA.

REYES HERNANDEZ, M. (1982c) Evaluación de la Adopción de Semillas ICTA en el Parcelamiento Nueva Concepción. Guatemala, SER/ICTA.

REYES HERNANDEZ, M. (1993) "Investigación Agrícola y Liberación de Divisas: El Caso del Maíz en Guatemala, 1975-90" in Memoria de la XXXIX Reunión Anual del PCCMCA. Guatemala, ICTA. Páginas 109-112.

REYES HERNANDEZ, M. (1995) Factores que han Contribuido al Sostenimiento de la Autosuficiencia de Maíz en Guatemala, 1975-90: Un Análisis Económico. Publicación Miscelánea 29. Guatemala, ICTA.

REYES HERNANDEZ, M. y S.S. GARCIA RAYMUNDO (1990) La Adopción de la Tecnología Transferida a través del PROGETTAPS para los Cultivos de Maíz, Frijol Arbustivo, Trigo, Papa y Crucíferas: Una Evaluación de los Primeros Dos Años de Ejecución del Proyecto en Chimaltenango, Guatemala. Guatemala, SER/ICTA (no publicado).

RIVAS, L.; J. GARCIA; C. SERE; L. S. JARVIS; y L.R. SANINT: (1991) Modelo de Análisis de Excedentes Económicos. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

RUANO ANDRADE, S.R. (1984) The Adoption of ICTA's Technology Among a Sample of Farmers of Southeastern Guatemala. Ph.D. Thesis. Ithaca, New York, Cornell University.

RUANO, S. y A. FUMAGALLI (1988) Guatemala. Organización y Manejo de la Investigación en Finca en el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). OFCOR-Case Study No. 2. The Hague, Netherlands, ISNAR.

SAIN, G. y R. MATUTE (1993) "Cambio Tecnológico e Investigación en Fincas en el Departamento de Atlántida, Honduras" in *Síntesis de Resultados Experimentales del PRM*, Volumen 4. Guatemala, Programa Regional de Maíz de Centroamérica y el Caribe-CIMMYT. Páginas 198-211.

SANINT, L.R. (1992) New Rice Technologies for Latin America: Social Benefits, Past Reminiscences and Issues for the Future. Trends in CIAT Commodities 1992. Working Document No. 111. Cali, Colombia, CIAT.

SCOBIE, G.M. y R. POSADA (1976) The Impact of High-Yielding Rice Varieties in Latin America With Special Emphasis on Colombia. A Preliminary Report. Cali, Colombia, CIAT.

THEIL, H. (1971) Principles of Econometrics. New York, Wiley and Sons.

TOQUERO, Z.; B. DUFF; T. ANDEN-LACSINA; e Y. HAYAMI (1975) "Marketable Surplus Functions for a Subsistence Crop: Rice in the Philippines" in *American Journal of Agricultural Economics* 57(4):705-709.

TUCUX PISQUIY, M. (1993) Factores Socioeconómicos Internos y Externos que Condicionan la Adopción de Tecnología Agrícola entre los Campesinos del Parcelamiento El Reposo y Propuesta de Trabajo Social para Mejorar la Transferencia de Tecnología. Tesis de licenciatura en trabajo social. Quetzaltenango, Universidad de San Carlos, Centro Universitario de Occidente.

VOON, J.P. y G.W. EDWARDS (1991) "The Calculation of Research Benefits With Linear and Nonlinear Specifications of Demand and Supply Functions" in *American Journal of Agricultural Economics* 73(2):415-420.

WAUGH, R.K. (1977) The Institute of Agricultural Science and Technology of Guatemala: Four Years of History. Guatemala, ICTA.

ZELAYA AZURDIA, J.H. (1988) Diagnóstico del Uso de Variedades del ICTA por Productores de Arroz del Valle del Polochic de Guatemala. Primera Aproximación. Guatemala, SER/ICTA.



ANEXO

Cuadro A-1  
 PROPORCIONES DEL TRABAJO DE LOS EQUIPOS DE PRUEBA Y TRANSFERENCIA  
 DE TECNOLOGIA DEDICADAS A INVESTIGACION EN EL CULTIVO DE MAIZ

EQUIPO	PROPORCION	AÑOS FINANCIADOS
Playa Grande	0.10	1979-90
Fray Bartolomé	0.10	1986-90
Polo chic	0.50	1987-90
San Jerónimo	0.70	1978-85
	0.30	1986-89
	0.26	1990
Cristina	0.50	1977-79
El Oasis-Zacapa	0.20	1979-90
Chiquimula	0.30	1982-90
El Progreso	0.20	1987-90
Jutiapa	0.30	1975-90
Jalapa	0.20	1978-90
Chiquimulilla	0.75	1977-82
Chimaltenango	0.20	1977-90
Quetzaltenango	0.50	1975-79
	0.30	1980-90
Totonicapán	0.50	1977-82
	0.50	1986-87
Sololá	0.20	1983-85
	0.20	1988-90
San Marcos	0.30	1983-84
Retalhuleu	0.75	1983-90
La Máquina	0.75	1975-82
La Blanca	0.75	1977-82
Nueva Concepción	0.75	1977-83
Huehuetenango	0.30	1986-90
El Quiché	0.30	1988-90

Cuadro A-2  
 PROPORCIONES DEL TRABAJO DE LOS EQUIPOS DE SOCIOECONOMIA RURAL  
 DEDICADAS A INVESTIGACION EN EL CULTIVO DE MAIZ

EQUIPO	PROPORCION	AÑOS FINANCIADOS
Central	0.3333	1975-90
Equipos Regionales	0.3333	1982
	0.3333	1983
	0.2647	1984
	0.2068	1985
	0.1658	1986
	0.2403	1987
	0.1247	1988
	0.3216	1989
	0.3290	1990

Cuadro A-3  
 PROPORCIONES DEL TRABAJO DE LOS EQUIPOS DE PRUEBA Y TRANSFERENCIA  
 DE TECNOLOGIA DEDICADAS A INVESTIGACION EN EL CULTIVO DE ARROZ

EQUIPO	PROPORCION	AÑOS FINANCIADOS
Playa Grande	0.10	1980-90
Fray Bartolomé	0.10	1979, 1986-90
Polo chic	0.50	1987-90
Cristina	0.50	1977-82
Chiquimula	0.20	1982-90
Jutiapa	0.20	1975-90
Chiquimulilla	0.25	1977-82
Retalhuleu	0.25	1983-90
La Máquina	0.25	1975-82
La Blanca	0.25	1977-82
Nueva Concepción	0.25	1977-82

Cuadro A-4  
 PROPORCIONES DEL TRABAJO DE LOS EQUIPOS DE SOCIOECONOMIA RURAL  
 DEDICADAS A INVESTIGACION EN EL CULTIVO DE ARROZ

EQUIPO	PROPORCION	AÑOS FINANCIADOS
Central	0.1370	1975-82
	0.0590	1983
	0.1440	1984
	0.0900	1985
	0.0200	1986
	0.0220	1987
	0.1000	1988
	0.1130	1989
	0.0920	1990
Equipos Regionales	0.1371	1982
	0.0588	1983
	0.1440	1984
	0.0902	1985
	0.0203	1986
	0.0218	1987
	0.1003	1988
	0.1133	1989
	0.0917	1990

Cuadro A-5  
**GASTOS DIRECTOS DE INVESTIGACION EN MAIZ POR ACTIVIDAD**  
**(QUETZALES A PRECIOS CORRIENTES)**

AÑO	PROGRAMA DE MAIZ	PRUEBA Y TRANSF. DE TECNOLOGIA	SOCIOECONOMIA RURAL	TOTAL
1975	52,394.32	77,715.48	5,622.42	135,732.22
1976	108,117.68	133,490.23	26,600.63	268,208.54
1977	146,857.69	299,116.41	11,831.10	457,805.20
1978	184,267.00	317,426.11	14,274.60	515,967.71
1979	197,230.19	328,731.31	14,218.24	540,179.74
1980	203,674.78	423,964.53	15,251.02	642,890.33
1981	241,469.10	469,228.07	22,316.88	733,014.05
1982	229,185.77	370,192.17	45,001.18	644,379.12
1983	192,065.96	236,776.24	37,046.51	465,888.71
1984	194,147.46	242,212.12	35,137.40	471,496.98
1985	187,441.90	234,974.65	30,793.88	453,210.43
1986	332,887.25	404,077.93	29,154.11	766,119.29
1987	420,125.14	625,217.04	43,823.41	1,089,165.59
1988	343,967.63	543,276.16	40,523.10	927,766.89
1989	393,648.89	505,860.73	66,577.77	966,087.39
1990	378,476.71	498,266.55	71,069.22	947,812.48

Cuadro A-6  
**GASTOS DIRECTOS DE INVESTIGACION EN ARROZ POR ACTIVIDAD**  
**(QUETZALES A PRECIOS CORRIENTES)**

AÑO	PROGRAMA DE ARROZ	PRUEBA Y TRANSF. DE TECNOLOGIA	SOCIOECONOMIA RURAL	TOTAL
1975	31,952.07	25,893.37	2,310.81	60,156.25
1976	33,326.31	41,238.54	10,932.86	85,497.71
1977	50,109.07	97,878.48	4,862.58	152,850.13
1978	70,359.23	95,941.89	5,866.86	172,167.98
1979	72,640.79	89,819.52	5,843.70	168,304.01
1980	81,701.41	102,452.63	6,268.17	190,422.21
1981	94,808.47	109,050.72	9,172.24	213,031.43
1982	75,025.95	89,272.14	18,500.64	182,798.73
1983	65,594.04	57,916.76	6,547.66	130,058.46
1984	67,105.40	60,211.72	16,968.49	144,285.61
1985	60,217.34	56,361.19	10,245.57	126,824.10
1986	207,412.99	99,338.80	2,465.74	309,217.53
1987	201,849.46	203,740.00	3,286.01	408,875.47
1988	192,851.74	155,898.06	25,532.29	374,282.09
1989	162,488.09	149,767.93	23,290.17	335,546.19
1990	166,854.67	132,220.94	19,774.95	318,850.56

Cuadro A-7  
CASO MODELO COMPLETO. FUNCIONES DE OFERTA DE MAIZ  
CON Y SIN CAMBIO TECNOLÓGICO EN EL t-ESIMO AÑO

AÑO	FUNCION DE OFERTA	OFERTA EN FUNCION DE		PRECIO EN QUE OFERTA = 0
		PRM <sub>t-1</sub>	PRM <sub>t</sub>	
FUNCIONES DE OFERTA CON CAMBIO TECNOLÓGICO EN EL t-ESIMO AÑO				
1975	PRODM = 993.1121 - 35297.1698 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	657.84	661.28	35.54
1976	PRODM = 980.9675 - 31440.4771 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	685.39	596.23	32.05
1977	PRODM = 961.8863 - 30326.0927 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	590.79	612.10	31.53
1978	PRODM = 1085.4812 - 23099.9692 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	819.05	828.21	21.28
1979	PRODM = 1199.0706 - 22943.0719 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	943.55	916.03	19.13
1980	PRODM = 1170.3514 - 23271.7820 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	883.26	921.27	19.88
1981	PRODM = 1313.8174 - 23696.5187 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1060.19	1033.58	18.04
1982	PRODM = 1259.8848 - 25056.7058 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	963.57	921.14	19.89
1983	PRODM = 1270.2369 - 21015.8035 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	986.12	989.69	16.54
1984	PRODM = 1388.9226 - 17744.6708 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1152.04	1110.88	12.78
1985	PRODM = 1341.7889 - 17133.9495 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1073.32	1067.51	12.77
1986	PRODM = 1352.4260 - 16380.6914 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1090.21	1140.95	12.11
1987	PRODM = 1329.3602 - 14968.0554 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1136.12	1128.23	11.26
1988	PRODM = 1498.2527 - 16787.2287 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1272.68	1259.80	11.20
1989	PRODM = 1511.7749 - 18432.3628 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1249.95	1290.07	12.19
1990	PRODM = 1563.6903 - 15741.1678 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1374.36	1394.47	10.07
FUNCIONES DE OFERTA SIN CAMBIO TECNOLÓGICO EN EL t-ESIMO AÑO				
1975	PRODM = 993.1121 - 35297.1698 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	657.84	661.28	35.54
1976	PRODM = 980.9675 - 31440.4771 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	685.39	596.23	32.05
1977	PRODM = 946.0907 - 30326.0927 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	574.99	596.31	32.05
1978	PRODM = 1057.4862 - 23099.9692 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	791.05	800.22	21.84
1979	PRODM = 1158.0374 - 22943.0719 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	902.52	875.00	19.81
1980	PRODM = 1126.5144 - 23271.7820 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	839.42	877.43	20.66
1981	PRODM = 1271.5564 - 23696.5187 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1017.93	991.32	18.64
1982	PRODM = 1214.1694 - 25056.7058 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	917.85	875.43	20.64
1983	PRODM = 1222.2054 - 21015.8035 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	938.09	941.66	17.19
1984	PRODM = 1348.7097 - 17744.6708 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1111.83	1070.67	13.16
1985	PRODM = 1314.4980 - 17133.9495 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1046.02	1040.22	13.03
1986	PRODF = 1325.9075 - 16380.6914 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1063.69	1114.43	12.35
1987	PRODM = 1307.8958 - 14968.0554 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1114.66	1106.77	11.44
1988	PRODM = 1472.6042 - 16787.2287 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1247.03	1234.15	11.40
1989	PRODM = 1478.0117 - 18432.3628 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1216.19	1256.31	12.47
1990	PRODM = 1537.9325 - 15741.1678 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1348.60	1368.71	10.24

NOTA: PRM<sub>t-1</sub> es el precio esperado y PRM<sub>t</sub> es el precio actual u observado.



Cuadro A-8  
**CASO MODELO COMPLETO. INCREMENTO EN LOS EXCEDENTES DE PRODUCTORES DE MAIZ RESULTANTE DEL CAMBIO TECNOLÓGICO EN ESTE CULTIVO, 1973 - 90**  
 ( miles de Quetzales de 1970 )

AÑO	EXCEDENTES DE PRODUCTORES		INCREMENTO EN EL EXCEDENTE DE PRODUCTORES
	CON CAMBIO TECNOLÓGICO	SIN CAMBIO TECNOLÓGICO	
1973	*	*	0
1974	*	*	0
1975	31,645.208	31,645.208	0
1976	18,197.451	18,197.451	0
1977	22,337.868	21,470.520	867.348
1978	41,094.825	39,184.722	1,910.103
1979	41,010.093	38,482.822	2,527.271
1980	49,820.081	46,612.814	3,207.267
1981	50,669.104	47,870.277	2,798.827
1982	34,999.398	32,543.926	2,455.472
1983	42,397.554	39,609.600	2,787.954
1984	42,125.646	40,080.597	2,045.049
1985	39,481.344	38,128.563	1,352.781
1986	57,575.348	55,845.609	1,729.739
1987	55,683.699	54,329.970	1,353.729
1988	57,811.053	56,295.268	1,515.785
1989	71,602.227	69,211.480	2,390.747
1990	94,608.442	92,473.905	2,134.537

\* El modelo empleado no permite predecir estos años, sin embargo, en los mismos no hubo cambio en los excedentes de productores como resultado de la investigación agrícola, por lo que el monto de tales excedentes no se considera relevante.

Cuadro A-9  
 CASO MODELO COMPLETO. AHORRO DE DIVISAS POR EFECTO DE LA  
 REDUCCION DE IMPORTACIONES DE MAIZ RESULTANTE DEL  
 CAMBIO TECNOLOGICO EN ESTE CULTIVO  
 1973 - 90

AÑO	IMPORTACIONES EVITADAS miles tm	AHORRO DE DIVISAS miles de Quetzales de 1970
1973	0	0
1974	0	0
1975	0	0
1976	0	0
1977	15.796	1,102.852
1978	27.995	1,755.293
1979	41.033	2,658.951
1980	43.837	2,992.309
1981	42.261	2,938.408
1982	45.715	4,451.311
1983	48.031	2,879.968
1984	40.213	2,586.895
1985	27.291	1,406.575
1986	26.519	2,051.472
1987	21.464	2,197.098
1988	25.648	1,819.758
1989	33.763	4,049.221
1990	25.758	2,119.095

Cuadro A-10  
CASO MODELO COMPLETO. BENEFICIOS SOCIALES DE LA INVESTIGACION  
AGRICOLA EN MAIZ, 1973 - 90

( miles de Quetzales de 1970 )

AÑO	INCREMENTO EN LOS EXCEDENTES DE PRODUCTORES	AHORRO DE DIVISAS	BENEFICIOS SOCIALES TOTALES
1973	0	0	0
1974	0	0	0
1975	0	0	0
1976	0	0	0
1977	867.348	1,102.852	1,970.200
1978	1,910.103	1,755.293	3,665.396
1979	2,527.271	2,658.951	5,186.222
1980	3,207.267	2,992.309	6,199.576
1981	2,798.827	2,938.408	5,737.235
1982	2,455.472	4,451.311	6,906.783
1983	2,787.954	2,879.968	5,667.922
1984	2,045.049	2,586.895	4,631.944
1985	1,352.781	1,406.575	2,759.356
1986	1,729.739	2,051.472	3,781.211
1987	1,353.729	2,197.098	3,550.827
1988	1,515.785	1,819.758	3,335.543
1989	2,390.747	4,049.221	6,439.968
1990	2,134.537	2,119.095	4,253.632

Cuadro A-11  
CASO MODELO INCOMPLETO. FUNCIONES DE OFERTA DE MAIZ  
CON Y SIN CAMBIO TECNOLÓGICO EN EL t-ESIMO AÑO

AÑO	FUNCION DE OFERTA	OFERTA EN FUNCION DE		PRECIO EN QUE OFERTA = 0
		PRM <sub>t-1</sub>	PRM <sub>t</sub>	
FUNCIONES DE OFERTA CON CAMBIO TECNOLÓGICO EN EL t-ESIMO AÑO				
1975	PRODM = 863.3736 - 20836.1721 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	665.46	667.49	24.13
1976	PRODM = 850.1448 - 18688.6166 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	674.45	621.45	21.98
1977	PRODM = 830.0803 - 19178.5138 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	595.39	608.87	23.10
1978	PRODM = 965.9854 - 13126.2112 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	814.59	819.80	13.59
1979	PRODM = 1091.5861 - 13632.0189 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	939.76	923.41	12.49
1980	PRODM = 1062.3014 - 14989.9667 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	877.38	901.86	14.11
1981	PRODM = 1220.5020 - 15569.4070 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1053.86	1036.38	12.76
1982	PRODM = 1163.8388 - 15826.1960 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	976.68	949.88	13.60
1983	PRODM = 1177.3648 - 13913.2288 (1/PRM <sub>t-2</sub> )	989.21	991.57	11.82
1984	PRODM = 1308.4194 - 10807.7097 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1164.14	1139.07	8.26
1985	PRODM = 1258.3221 - 10486.5384 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1094.01	1090.46	8.33
1986	PRODM = 1271.1178 - 10293.0216 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1106.35	1138.24	8.10
1987	PRODM = 1246.9714 - 10769.9684 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1107.93	1102.25	8.64
1988	PRODM = 1432.1110 - 12803.9299 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1260.06	1250.24	8.94
1989	PRODM = 1448.3796 - 15032.1481 (1/PRM <sub>t-2</sub> )	1234.85	1267.57	10.38
1990	PRODM = 1506.1041 - 10123.9257 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1384.33	1397.27	6.72
FUNCIONES DE OFERTA SIN CAMBIO TECNOLÓGICO EN EL t-ESIMO AÑO				
1975	PRODM = 863.3736 - 20836.1721 (1/PRM <sub>t-2</sub> )	665.46	667.49	24.13
1976	PRODM = 850.1448 - 18688.6166 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	674.45	621.45	21.98
1977	PRODM = 812.1544 - 19178.5138 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	577.47	590.95	23.61
1978	PRODM = 934.2147 - 13126.2112 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	782.82	788.03	14.05
1979	PRODM = 1045.0190 - 13632.0189 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	893.20	876.85	13.04
1980	PRODM = 1012.5525 - 14989.9667 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	827.63	852.11	14.80
1981	PRODM = 1172.5414 - 15569.4070 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1005.90	988.42	13.28
1982	PRODM = 1111.9580 - 15826.1960 (1/PRM <sub>t-2</sub> )	924.80	898.00	14.23
1983	PRODM = 1122.7956 - 13913.2288 (1/PRM <sub>t-2</sub> )	934.70	937.06	12.39
1984	PRODM = 1262.7832 - 10807.7097 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1118.51	1093.44	8.56
1985	PRODM = 1227.3506 - 10486.5384 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1063.04	1059.48	8.54
1986	PRODF = 1241.0229 - 10293.0216 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1076.26	1108.14	8.29
1987	PRODM = 1222.6122 - 10769.9684 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1083.57	1077.89	8.81
1988	PRODM = 1403.0034 - 12803.9299 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1230.95	1221.13	9.13
1989	PRODM = 1410.0630 - 15032.1481 (1/PRM <sub>t-2</sub> )	1196.54	1229.26	10.66
1990	PRODM = 1476.8724 - 10123.9257 (1/PRM <sub>t-1</sub> )	1355.10	1368.04	6.85

NOTA: PRM<sub>t-1</sub> es el precio esperado y PRM<sub>t</sub> es el precio actual u observado.

Cuadro A-12  
**CASO MODELO INCOMPLETO. INCREMENTO EN LOS EXCEDENTES DE  
 PRODUCTORES DE MAIZ RESULTANTE DEL CAMBIO TECNOLÓGICO  
 EN ESTE CULTIVO, 1973 - 90**  
 ( miles de Quetzales de 1970 )

AÑO	EXCEDENTES DE PRODUCTORES		INCREMENTO EN EL EXCEDENTE DE PRODUCTORES
	CON CAMBIO TECNOLÓGICO	SIN CAMBIO TECNOLÓGICO	
1973	*	*	0
1974	*	*	0
1975	40,092.948	40,092.948	0
1976	25,593.217	25,593.217	0
1977	27,392.971	26,257.499	1,135.472
1978	48,815.825	46,402.110	2,413.714
1979	49,283.248	46,102.829	3,180.419
1980	55,767.190	51,838.113	3,929.077
1981	58,110.495	54,679.109	3,431.385
1982	43,315.984	40,200.058	3,115.926
1983	48,584.349	45,160.634	3,423.715
1984	50,458.867	47,930.057	2,528.809
1985	46,994.645	45,321.193	1,673.452
1986	64,668.055	62,583.531	2,084.524
1987	58,825.938	57,225.596	1,600.342
1988	61,574.865	59,788.615	1,786.250
1989	73,887.569	71,104.949	2,782.619
1990	103,307.592	100,786.891	2,520.701

\* El modelo empleado no permite predecir estos años, sin embargo, en los mismos no hubo cambio en los excedentes de productores como resultado de la investigación agrícola, por lo que el monto de tales excedentes no se considera relevante.

Cuadro A-13  
 CASO MODELO INCOMPLETO. AHORRO DE DIVISAS POR EFECTO DE LA  
 REDUCCION DE IMPORTACIONES DE MAIZ RESULTANTE DEL  
 CAMBIO TECNOLOGICO EN ESTE CULTIVO  
 1973 - 90

AÑO	IMPORTACIONES EVITADAS miles tm	AHORRO DE DIVISAS miles de Quetzales de 1970
1973	0	0
1974	0	0
1975	0	0
1976	0	0
1977	17.926	1,251.588
1978	31.771	1,992.019
1979	46.567	3,017.549
1980	49.749	3,395.865
1981	47.961	3,334.695
1982	51.881	5,051.635
1983	54.509	3,268.374
1984	45.636	2,935.775
1985	30.972	1,596.272
1986	30.095	2,328.143
1987	24.359	2,493.408
1988	29.108	2,065.179
1989	38.317	4,595.317
1990	29.232	2,404.886

Cuadro A-14  
CASO MODELO INCOMPLETO. BENEFICIOS SOCIALES DE LA INVESTIGACION  
AGRICOLA EN MAIZ, 1973 - 90

( miles de Quetzales de 1970 )

AÑO	INCREMENTO EN LOS EXCEDENTES DE PRODUCTORES	AHORRO DE DIVISAS	BENEFICIOS SOCIALES TOTALES
1973	0	0	0
1974	0	0	0
1975	0	0	0
1976	0	0	0
1977	1,135.472	1,251.588	2,387.060
1978	2,413.714	1,992.019	4,405.733
1979	3,180.419	3,017.549	6,197.968
1980	3,929.077	3,395.865	7,324.942
1981	3,431.385	3,334.695	6,766.080
1982	3,115.926	5,051.635	8,167.561
1983	3,423.715	3,268.374	6,692.089
1984	2,528.809	2,935.775	5,464.584
1985	1,673.452	1,596.272	3,269.724
1986	2,084.524	2,328.143	4,412.667
1987	1,600.342	2,493.408	4,093.750
1988	1,786.250	2,065.179	3,851.429
1989	2,782.619	4,595.317	7,377.936
1990	2,520.701	2,404.886	4,925.587

Cuadro A-15  
**FUNCIONES DE OFERTA DE ARROZ CON Y SIN CAMBIO TECNOLÓGICO  
 EN EL t-ESIMO AÑO**

AÑO	FUNCION DE OFERTA	OFERTA EN FUNCION DE		PRECIO EN QUE OFERTA = 0
		PRA <sub>t-1</sub>	PRA <sub>t</sub>	
FUNCIONES DE OFERTA CON CAMBIO TECNOLÓGICO EN EL t-ESIMO AÑO				
1975	PRODA = 31.0699 - 1391.3946 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	20.47	21.05	44.78
1976	PRODA = 31.0387 - 1391.0038 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	21.02	20.05	44.82
1977	PRODA = 32.9776 - 1391.5249 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	21.98	22.61	42.20
1978	PRODA = 35.8090 - 1390.8736 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	25.44	26.59	38.84
1979	PRODA = 39.9650 - 1495.0784 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	30.06	27.91	37.41
1980	PRODA = 44.0170 - 1793.1041 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	29.56	28.80	40.74
1981	PRODA = 46.7287 - 1640.0533 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	32.81	31.99	35.10
1982	PRODA = 46.9874 - 1530.2475 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	33.24	31.39	32.57
1983	PRODA = 54.3441 - 1279.8955 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	41.30	41.54	23.55
1984	PRODA = 57.8511 - 1216.5910 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	45.68	45.45	21.03
1985	PRODA = 59.8674 - 1249.5458 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	47.13	43.41	20.87
1986	PRODA = 60.5417 - 1643.0492 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	38.91	46.55	27.14
1987	PRODA = 61.0769 - 1208.3849 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	50.79	51.96	19.78
1988	PRODA = 62.8083 - 1430.6016 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	52.01	52.59	22.78
1989	PRODA = 65.3380 - 1412.6263 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	55.25	57.06	21.62
1990	PRODA = 58.4626 - 1384.7515 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	50.35	51.61	23.69
FUNCIONES DE OFERTA SIN CAMBIO TECNOLÓGICO EN EL t-ESIMO AÑO				
1975	PRODA = 31.0699 - 1391.3946 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	20.47	21.05	44.78
1976	PRODA = 31.0387 - 1391.0038 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	21.02	20.05	44.82
1977	PRODA = 30.9491 - 1391.5248 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	19.96	20.58	44.96
1978	PRODA = 33.2232 - 1390.8736 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	22.86	24.01	41.86
1979	PRODA = 35.9954 - 1495.0784 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	26.09	23.94	41.54
1980	PRODA = 39.7786 - 1793.1041 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	25.32	24.56	45.08
1981	PRODA = 42.9135 - 1640.0533 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	28.99	28.18	38.22
1982	PRODA = 43.0639 - 1530.2475 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	29.31	27.47	35.53
1983	PRODA = 50.2994 - 1279.8955 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	37.26	37.49	25.45
1984	PRODA = 54.5457 - 1216.5910 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	42.37	42.14	22.30
1985	PRODA = 57.6599 - 1249.5458 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	44.92	41.21	21.67
1986	PRODA = 58.1904 - 1643.0492 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	36.55	44.20	28.24
1987	PRODA = 59.3365 - 1208.3849 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	49.05	50.22	20.36
1988	PRODA = 59.8087 - 1430.6016 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	49.02	49.59	23.92
1989	PRODA = 61.6655 - 1412.6263 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	51.58	53.39	22.91
1990	PRODA = 55.4517 - 1384.7515 (1/PRA <sub>t-1</sub> )	47.34	48.60	24.97

NOTA: PRA<sub>t-1</sub> es el precio esperado y PRA<sub>t</sub> es el precio actual u observado.



Cuadro A-16  
**INCREMENTO EN LOS EXCEDENTES DE PRODUCTORES DE ARROZ**  
**RESULTANTE DEL CAMBIO TECNOLÓGICO EN ESTE CULTIVO**  
 1973 - 90  
 ( miles de Quetzales de 1970 )

AÑO	EXCEDENTES DE PRODUCTORES		INCREMENTO EN EL EXCEDENTE DE PRODUCTORES
	CON CAMBIO TECNOLÓGICO	SIN CAMBIO TECNOLÓGICO	
1973	*	*	0
1974	*	*	0
1975	1,345.962	1,345.962	0
1976	1,087.391	1,087.391	0
1977	1,421.199	1,237.358	183.841
1978	2,115.128	1,829.183	285.945
1979	1,640.646	1,304.741	335.905
1980	1,485.990	1,168.211	317.779
1981	1,664.750	1,379.880	284.870
1982	1,380.334	1,128.789	251.545
1983	2,301.108	1,995.872	305.236
1984	2,583.405	2,330.821	252.584
1985	1,641.859	1,521.167	120.692
1986	2,878.817	2,667.735	211.082
1987	4,579.236	4,383.497	195.739
1988	4,762.573	4,412.645	349.928
1989	6,791.450	6,246.305	545.145
1990	7,435.359	6,900.398	534.961

\* El modelo empleado no permite predecir estos años, sin embargo, en los mismos no hubo cambio en los excedentes de productores como resultado de la investigación agrícola, por lo que el monto de tales excedentes no se considera relevante.

Cuadro A-17  
 AHORRO DE DIVISAS POR EFECTO DE LA REDUCCION DE IMPORTACIONES  
 DE ARROZ RESULTANTE DEL CAMBIO TECNOLOGICO EN ESTE CULTIVO  
 1973 - 90

AÑO	IMPORTACIONES EVITADAS miles tm	AHORRO DE DIVISAS miles de Quetzales de 1970
1973	0	0
1974	0	0
1975	0	0
1976	0	0
1977	2.028	237.047
1978	2.586	471.021
1979	3.970	697.618
1980	4.238	889.509
1981	3.815	724.089
1982	3.924	609.399
1983	4.045	845.541
1984	3.035	405.342
1985	2.208	402.671
1986	2.351	625.981
1987	1.740	404.922
1988	3.000	361.203
1989	3.673	614.341
1990	3.011	512.221

Cuadro A-18  
 BENEFICIOS SOCIALES DE LA INVESTIGACION AGRICOLA EN ARROZ  
 1973 - 90

( miles de Quetzales de 1970 )

AÑO	INCREMENTO EN LOS EXCEDENTES DE PRODUCTORES	AHORRO DE DIVISAS	BENEFICIOS SOCIALES TOTALES
1973	0	0	0
1974	0	0	0
1975	0	0	0
1976	0	0	0
1977	183.841	237.047	420.888
1978	285.945	471.021	756.966
1979	335.905	697.618	1,033.523
1980	317.779	889.509	1,207.288
1981	284.870	724.089	1,008.959
1982	251.545	609.399	860.944
1983	305.236	845.541	1,150.777
1984	252.584	405.342	657.926
1985	120.692	402.671	523.363
1986	211.082	625.981	837.063
1987	195.739	404.922	600.661
1988	349.928	361.203	711.131
1989	545.145	614.341	1,159.486
1990	534.961	512.221	1,047.182

Cuadro A-19  
 DATOS EMPLEADOS PARA EL AJUSTE DEL MODELO DEL MERCADO DE MAIZ

AÑO	LLUVIA	GRIMA <sub>t-2</sub>	PSEM	iN	PRM <sub>t-1</sub>	DEF <sub>t-1</sub>	PRM	PIM	PRODM	MM	XM	QDCM
1975	1,630	0	563.12	11	105.28	128.99	106.37	120.11	673,319	53,144	0.009	726,454
1976	1,591	0	505.08	11	106.37	145.91	81.72	115.20	554,667	6,455	0.005	561,117
1977	1,479	93.025	518.32	11	81.72	162.68	86.70	69.82	572,493	0.014	0.000	572,507
1978	1,786	257.896	354.75	11	86.70	189.44	89.79	62.70	851,511	83,680	0.040	935,151
1979	2,019	499.552	368.42	11	89.79	199.86	81.06	64.80	1,028,443	55,634	0.005	1,084,072
1980	1,786	757.72	405.12	11	81.06	217.04	93.43	68.26	889,863	81,040	15.989	954,914
1981	2,111	1,006.607	420.78	12	93.43	238.79	84.56	69.53	983,586	64,706	0.118	1,048,174
1982	1,791	1,275.838	427.72	14.5	84.56	259.13	73.97	97.37	1,084,548	3,171	19.686	1,068,033
1983	1,670	1,558.709	376.02	12	73.97	272.09	74.91	59.96	974,460	3,765	2.654	975,571
1984	1,922	1,795.534	292.09	12	74.91	289.87	63.82	64.33	1,181,319	5,167	0.014	1,186,472
1985	1,683	1,956.258	283.41	12	63.82	301.90	62.47	51.54	1,073,258	14,697	9.870	1,078,085
1986	1,632	2,112.433	278.18	13.2	62.47	358.53	77.46	77.36	1,062,349	36,964	0.027	1,099,286
1987	1,489	2,238.843	291.07	14	77.46	507.19	74.42	102.36	1,199,795	21,451	1.030	1,220,216
1988	1,949	2,389.894	346.04	15.2	74.42	547.76	70.40	70.95	1,305,293	36,968	0.322	1,341,939
1989	1,884	2,588.735	406.26	16	70.40	611.60	83.14	119.93	1,229,437	15,940	0.114	1,245,263
1990	1,968	2,740.430	273.61	23.3	83.14	678.32	93.02	82.27	1,274,589	117,473	0.118	1,391,944

NOTA: La especificación de las variables se encuentra en la página siguiente.

continúa cuadro 19

Especificación de las variables:

LLUVIA	Precipitación pluvial anual (mm);
GRIMA <sub>t,2</sub>	Conocimiento técnico o factor de cambio tecnológico. Medido a través de los gastos reales de investigación en maíz acumulados con dos años de rezago (miles Quetzales);
PSEM	Precio real de la semilla mejorada de maíz (Quetzales/tm);
iN	Tasa nominal de interés ( % );
PRM	Precio real de maíz al productor (Quetzales/tm);
DEF	Deflactor implícito del PIB ( %. Base 1970 );
PIM	Precio CIF real de importación de maíz (Quetzales/tm);
PRODM	Oferta de maíz en el mercado al productor (miles tm);
MM	Importaciones de maíz (Quetzales/tm);
XM	Exportaciones de maíz (miles tm);
QDCM	Cantidad demandada de maíz en el mercado de consumo (miles tm).

Cuadro A-20  
 DATOS EMPLEADOS PARA EL AJUSTE DEL MODELO DEL MERCADO DE ARROZ

AÑO	LLUVIA	GRIAA <sub>t-3</sub>	PFERT	iN	PRA <sub>t-1</sub>	PRA	PIMA	PRODA	MA	XA	QDCA
1975	1,630	0	106.82	11	131.26	138.85	308.76	32.859	6,137	0	38.996
1976	1,591	0	106.79	11	138.85	126.57	116.61	10.170	0.585	0.172	10.582
1977	1,479	41.229	106.83	11	126.57	134.18	116.86	17.264	4.672	0	21.936
1978	1,786	93.785	106.78	11	134.18	150.90	182.16	25.978	5.384	0.005	31.357
1979	2,019	174.468	114.78	11	150.90	124.02	175.74	24.154	10.841	0.059	34.936
1980	1,786	260.614	137.66	11	124.02	117.81	209.87	27.134	4.463	0.023	31.575
1981	2,111	338.159	125.91	12	117.81	111.28	189.79	33.267	3.511	0	36.778
1982	1,791	417.905	117.48	14.5	111.28	98.12	155.32	49.402	0.240	0	49.642
1983	1,670	500.114	98.76	12	98.12	99.94	209.05	45.133	0.177	0.100	45.210
1984	1,922	567.297	93.40	12	99.94	98.07	122.63	44.480	0.549	0.100	44.929
1985	1,683	612.165	95.93	12	98.07	75.94	182.41	37.903	0.730	0.122	38.511
1986	1,632	659.957	126.14	13.2	75.94	117.45	266.22	33.444	2.998	0.009	36.433
1987	1,489	695.331	92.77	14	117.45	132.54	232.66	58.115	0.517	0.041	58.592
1988	1,949	756.297	109.83	15.2	132.54	140.00	120.42	68.430	7.185	0.027	75.588
1989	1,884	830.942	108.45	16	140.00	170.69	167.28	44.271	6.028	0	50.300
1990	1,968	892.140	106.31	23.3	170.69	201.99	170.12	44.335	13.876	0	58.210

NOTA: La especificación de las variables se encuentra en la página siguiente.

continúa cuadro 20

Especificación de las variables:

LLUVIA	Precipitación pluvial anual (mm);
GRIAA <sub>1,2</sub>	Conocimiento técnico o factor de cambio tecnológico. Medido a través de los gastos reales de investigación en arroz acumulados con dos años de rezago (miles Quetzales);
PFERT	Precio real del fertilizante (Quetzales/tm);
iN	Tasa nominal de interés ( % );
PRA	Precio real de arroz al productor (Quetzales/tm);
PIMA	Precio CIF real de importación de arroz (Quetzales/tm);
PRODA	Oferta de arroz en el mercado al productor (miles tm);
MA	Importaciones de arroz (miles tm);
XA	Exportaciones de arroz (miles tm);
QDCA	Cantidad demandada de arroz en el mercado de consumo (miles tm).

Cuadro A-21  
FUENTES DE INFORMACION Y VARIABLES EMPLEADAS

FUENTE DE INFORMACION	VARIABLES
Banco de Guatemala (1987) Estadísticas Agropecuarias 1972-1988; Banco de Guatemala (1991) Estadísticas de Productos Agrícolas. Período 1975-90; Banco de Guatemala (1991) Estadísticas de Productos Agrícolas. Período 1979-1992.	PRODM, MM, XM, PRODA, MA, XA, PIM, PIMA
Instituto Nacional de Estadística (INE) Información de los Archivos del Índice de Precios al Consumidor.	PCM, PCA
Dirección General de Estadística: Estadística Agrícolas Contínuas (Años de 1970 a 1982); INE: Estadísticas Agrícolas Contínuas (Años de 1983 a 1986 y Tabulares del Centro Nacional de Información Estadística de 1987 a 1990).	PRM, PRA
Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA): Registros Económicos de Producción. Disciplina de Socioeconomía Rural. 1975 a 1990.	PSEM, PFERT
Estimaciones del autor con información de archivo del Instituto de Ciencia y Tecnología (ICTA) y de informantes claves seleccionados en el ICTA.	GRIMA, GRIAA
Estimaciones del autor con datos del Instituto de Sismología, Vulcanología y Meteorología (INSIVUME). Es una media ponderada.	LLUVIA
Fondo Monetario Internacional (1991, 1992) Estadísticas Financieras Internacionales. Washington D.C.	iN, Tipo de cambio
Banco de Guatemala: Boletín Estadístico (julio-septiembre, 1979; enero-marzo, 1984; enero-marzo, 1989 y octubre-diciembre, 1991).	Deflactor implícito del PIB



Este trabajo se publicó con el apoyo financiero de la Agencia Internacional para el Desarrollo (USAID). El tiraje fue de 500 ejemplares.

