

CA  
0  
5

IICA-CIDIA

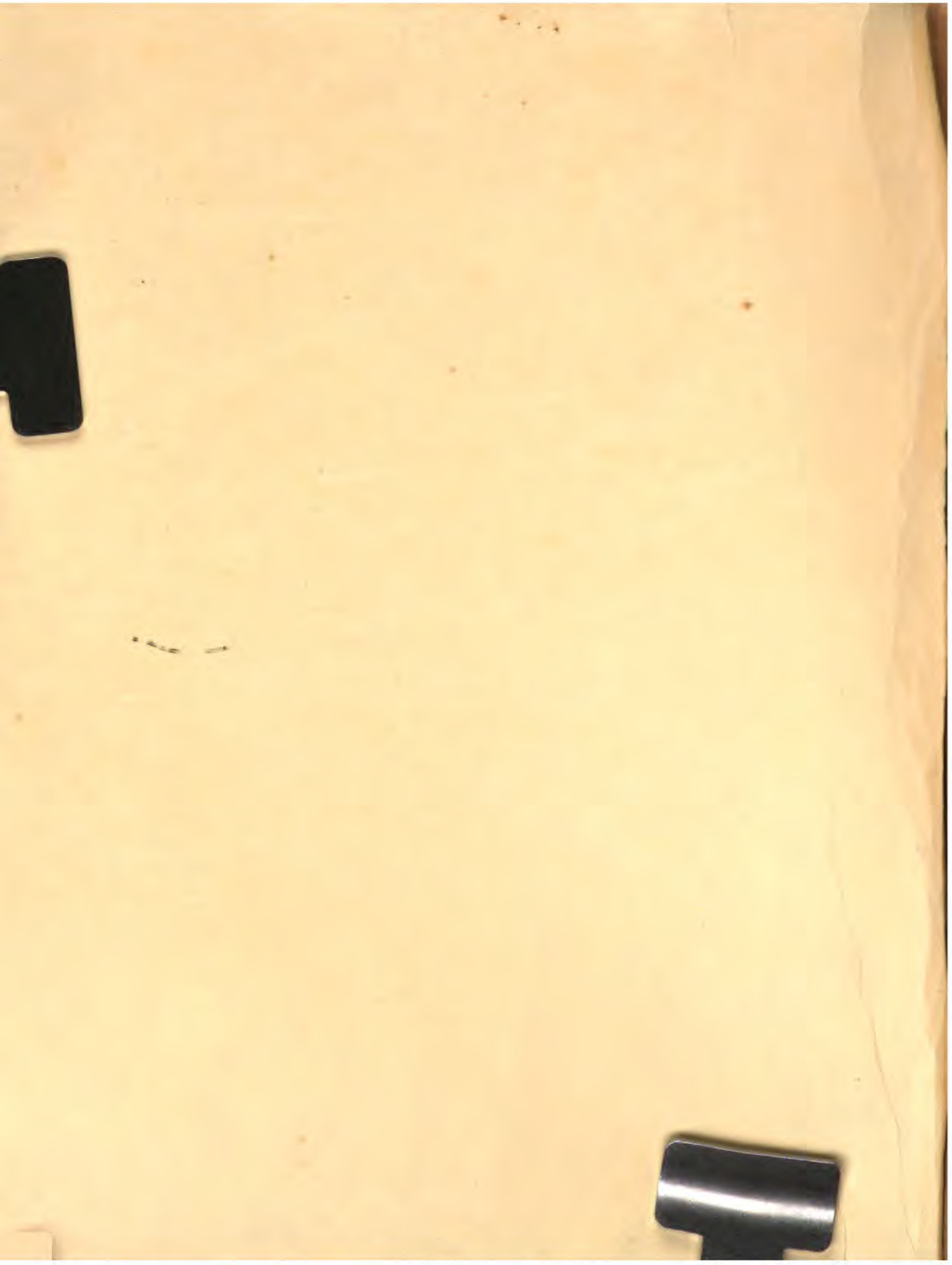


IICA  
BIBLIOTECA VENEZUELA

7 ENE 1997

RECIBIDO





(Versión Preliminar)

IICA  
BIBLIOTECA VENEZUELA

7 ENE 1997

MÉTODOS UTILIZADOS EN LA PRIORIZACION DE

RECIBIDO

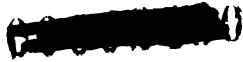
LA INVESTIGACION AGROPECUARIA

Documento elaborado por  
Dr. Héctor Medina Castro

para el Programa II, de  
Generación y Transferencia de Tecnología del  
Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

febrero 1988

TICA  
50  
235

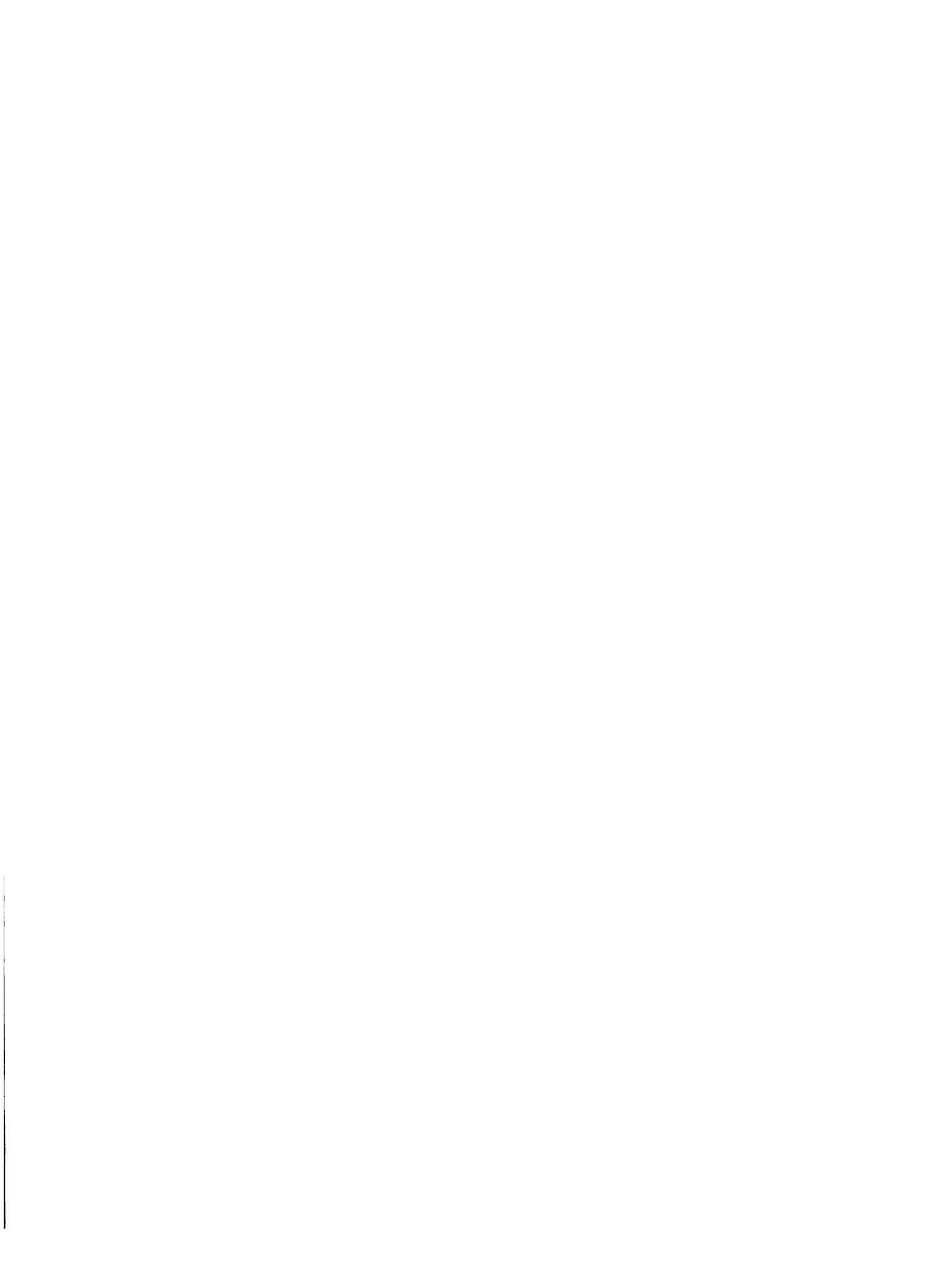


BV-007543

00002504

## CONTENIDO.

<u>SECCION 1.</u>	<u>INTRODUCCION</u>	P.	1
<u>SECCION 2.</u>	<u>PRIORIZACION MEDIANTE ANALISIS</u>		
	<u>DE COSTO-BENEFICIO</u>	P.	3
2.1.	El caso de una economía cerrada	P.	3
2.2.	El caso de una economía abierta	P.	6
2.3.	Priorización por medio de la		
	tasa interna de retorno	P.	18
2.3.1.	Modelo de Araji <u>et. al.</u>	P.	18
2.3.2.	Modelo de Bredhal y Peterson	P.	22
<u>SECCION 3.</u>	<u>PRIORIZACION MEDIANTE EL METODO</u>		
	<u>DE "ESCORING"</u>	P.	27
3.1.	Un ejemplo	P.	29
3.1.1.	Priorización por rubros de producción	P.	29
3.1.2.	Priorización por áreas temáticas	P.	33
<u>SECCION 4.</u>	<u>PRIORIZACION MEDIANTE UNA SOLA META</u>	P.	34
4.1.	Priorización con miras a mejorar el		
	estado nutricional	P.	36
4.2.	Priorización por problema específico	P.	45
4.3.	Priorización implícita	P.	46
<u>SECCION 5.</u>	<u>PRIORIZACION MULTIDIMENSIONAL</u>	P.	50
5.1.	Priorización bidimensional	P.	50
5.2.	Priorización tridimensional	P.	55
<u>SECCION 6.</u>	<u>PRIORIZACION Y ASIGNACION DE RECURSOS</u>		
	<u>MEDIANTE EL METODO DE PROGRAMACION MATEMATICA</u>	P.	61



## INDICE DE CUADROS.

<u>CUADRO 1.1.</u>	Ganacia de los consumidores como consecuencia de un desplazamiento del 10% de la curva de oferta, generado por cambio tecnológico.	P. 7
<u>CUADRO 1.2.</u>	Priorización y valor presente esperado de los beneficios promedio internacionales de investigación desarrollada en en países del continente Americano.	P. 19
<u>CUADRO 1.3.a.</u>	Rentabilidad <u>ex-ante</u> de la inversión pública en investigación y extensión en la región occidental de los E.U.A.	P. 23
<u>CUADRO 1.3.b.</u>	Prioridades de investigación y extensión agropecuaria, según el valor presente descontado y la tasa interna de retorno.	P. 24
<u>CUADRO 1.4.</u>	Productos marginales de la investigación agropecuaria es Estados seleccionados.	P. 26
<u>CUADRO 1.5.</u>	Priorización de la investigación por rubros.	P. 32
<u>CUADRO 1.6.</u>	Priorización de la investigación por áreas temáticas.	P. 35
<u>CUADRO 1.7.</u>	Reducción de las deficiencias en calorías y proteínas en el estrato más vulnerable, causadas por un incremento del 10 % en la oferta de cualquiera de los alimentos indicados.	P. 41
<u>CUADRO 1.8.a.</u>	Prioridad de la investigación por productos considerados, cuando el objetivo es mejorar la nutrición mediante incremento del consumo de calorías del estrato más vulnerable.	P. 43
<u>CUADRO 1.8.b.</u>	Prioridad de la investigación por productos considerados, cuando el objetivo es mejorar la nutrición mediante incremento del consumo de proteínas del estrato más vulnerable.	P. 44
<u>CUADRO 1.9.</u>	Jerarquías anuales de investigación por rubros en el I.C.A.	P. 48
<u>CUADRO 1.10.</u>	Prioridades de investigación por rubros en el I.C.A., durante el periodo 1969-1975	P. 49





## CAPITULO 1.

### METODOS UTILIZADOS EN LA PRIORIZACION DE LA INVESTIGACION AGROPECUARIA

#### 1. INTRODUCCION.

En el presente capítulo se describen varios modelos económicos del área de priorización de la investigación agropecuaria. Esta descripción pretende crear un soporte para la discusión —que se presenta en el siguiente capítulo— sobre dichos modelos, en particular respecto al costo-beneficio de su aplicabilidad empírica.

En este capítulo se enfatiza en la descripción de la metodología que se emplea o desarrolla en cada uno de los modelos considerados. El énfasis adoptado se basa en la óptica de que la discusión de la metodología que utilizan los modelos en cuestión es una de las mejores maneras de comprender sus alcances y limitaciones empíricas.

Respecto a la priorización de la investigación agropecuaria cabe señalar que una vez que ésta se clasifica en diversas categorías (e.g. por rubros de producción), y dado que los recursos son escasos, una de las preguntas que surgen es: ¿cuáles de dichas categorías deben de recibir más atención, en términos de recursos asignados y esfuerzo?

La priorización de la investigación pretende contestar a la pregunta anterior y puede definirse como:



la asignación del orden en que las diferentes categorías de investigación deben recibir atención.

Para establecer prioridades se requiere por lo menos de los dos siguientes elementos: (1) una clasificación de la investigación en diferentes categorías; y (2) un objetivo -implícito ó explícito- que se pretende alcanzar, al establecer el orden. Así pues, la priorización no es única pues depende, inter alia, de estos dos elementos que son variables.

Los modelos que se discuten a continuación han sido clasificados según los objetivos que persiguen, la clasificación de la investigación agropecuaria que utilizan, y la metodología que emplean.

En la sección 2 se describen modelos de priorización que se basan en el análisis de costo-beneficio. En la sección 3 se discute el método de puntajes o "escoring" con metas múltiples. En la sección 4 se revisan modelos que priorizan la investigación agropecuaria con base en una meta principal. En la sección 5 se describen modelos de jerarquización multidimensional, que utilizan varios criterios a la vez para priorizar la investigación. En la sección 6 se discute sobre el método de programación matemática.



## 2. Priorización mediante análisis de costo-beneficio

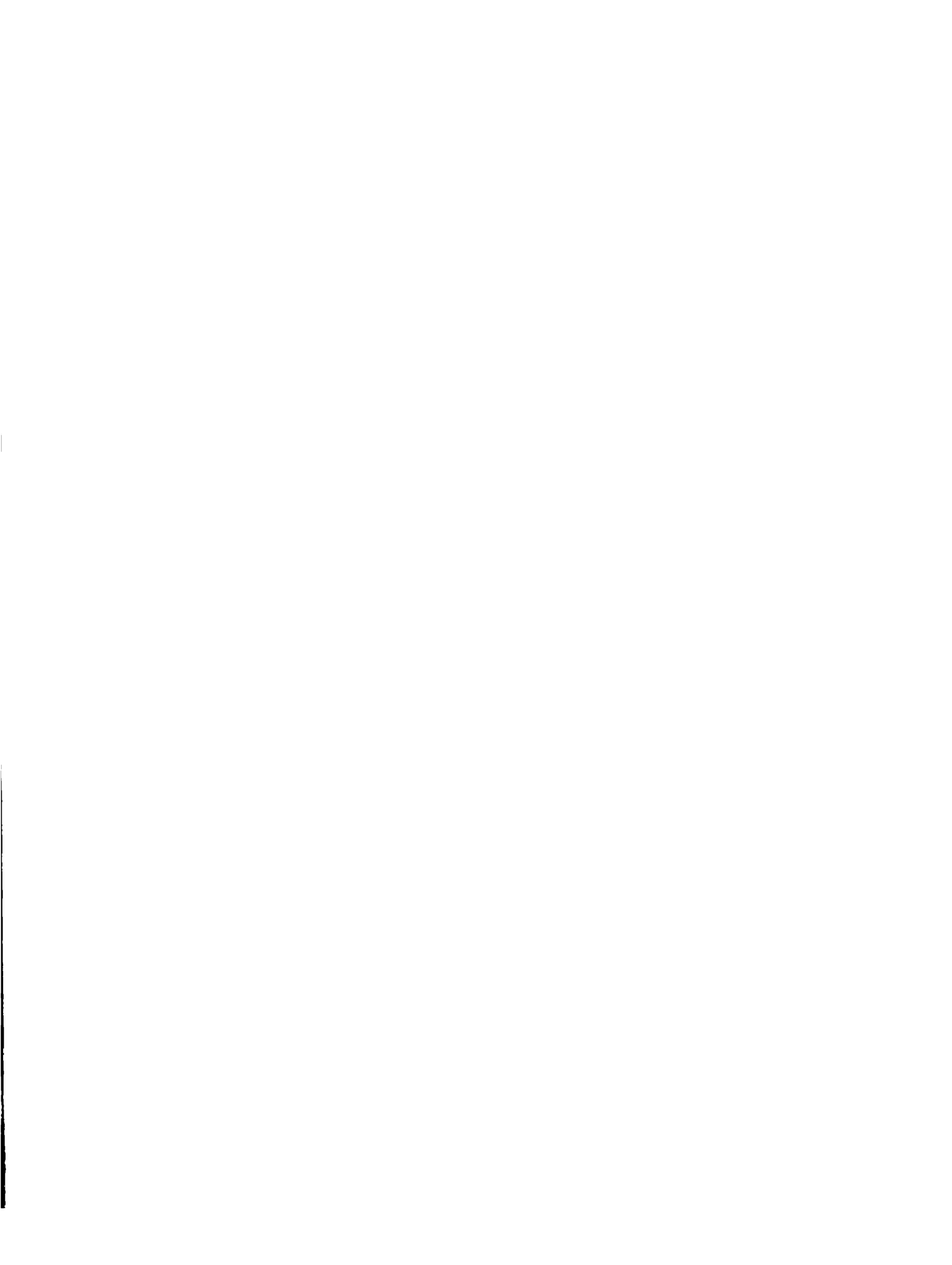
Esta sección se divide en dos subsecciones, en la primera se presentan modelos que establecen prioridades con base en cambios en excedentes económicos (de productores y consumidores) originados por cambio tecnológico, en economías cerradas y abiertas. En la segunda subsección se discuten modelos que establecen jerarquías de investigación de acuerdo con la tasa interna de retorno y otras medidas de beneficios netos.

### 2.1. El caso de una economía cerrada.

El modelo básico para establecer prioridades de investigación agropecuaria, mediante el análisis de costo-beneficio en una economía cerrada, se ilustra en la figura 1.1.

En este enfoque se consideran solo dos tipos de agentes: consumidores y productores. Se parte de una situación de equilibrio en el mercado del producto en cuestión, donde se produce una cantidad  $Q_0$  a un precio  $P_0$ . Enseguida, un cambio tecnológico en la producción del bien desplaza la curva de oferta  $S$  a la derecha a  $S'$ ; y, como consecuencia se establece un nuevo equilibrio, donde se produce y consume  $Q_1$  a un precio  $P_1$ .

Adicionalmente, el cambio tecnológico produce un cambio en los excedentes de los productores y de los consumidores -dichos excedentes se representan mediante el área por arriba de la curva de oferta y debajo del precio, en el caso de los productores; y, el área debajo de la curva de demanda y por arriba del precio, en el caso de los consumidores.



Como se muestra en la figura 1.1., el cambio tecnológico tiene como resultador (a) un aumento en el excedente de los consumidores, representado por el área A + B; y por otra parte, (b) los productores sufren un cambio en su excedente representado por el área C - A. La ganancia total consiste en el área (A + B) + (C - A) = área B + C. Entonces podemos expresar las ganancias relativas de consumidores y productores por (A + B) / (B + C) y por (C - A) / (B + C), respectivamente.

Es posible probar, haciendo uso del modelo presentado por Ramalho de Castro y Schuh (1974, appendix B), con funciones de oferta y demanda lineales, que las ganancias relativas de los consumidores y productores se pueden expresar, respectivamente, por las siguientes fórmulas:

(1.1)  $\beta / (\alpha + \beta)$ , y por

(1.2)  $\alpha / (\alpha + \beta)$ ,

donde  $\alpha$  y  $\beta$  representan, respectivamente, a las elasticidades-precio de la demanda y de la oferta, medidas en el punto de equilibrio inicial.

Así pues, sigue de las ecuaciones (1.1) y (1.2) que la ganancia relativa de los consumidores es mayor (menor) que la de los productores si la elasticidad de la oferta es mayor (menor) que la de la demanda. Generalmente altas (bajas) elasticidades de la demanda se asocian con mayores beneficios relativos para los productores (consumidores), como consecuencia del cambio tecnológico. Sin embargo, hay que tener en cuenta que lo importante es su tamaño relativo.





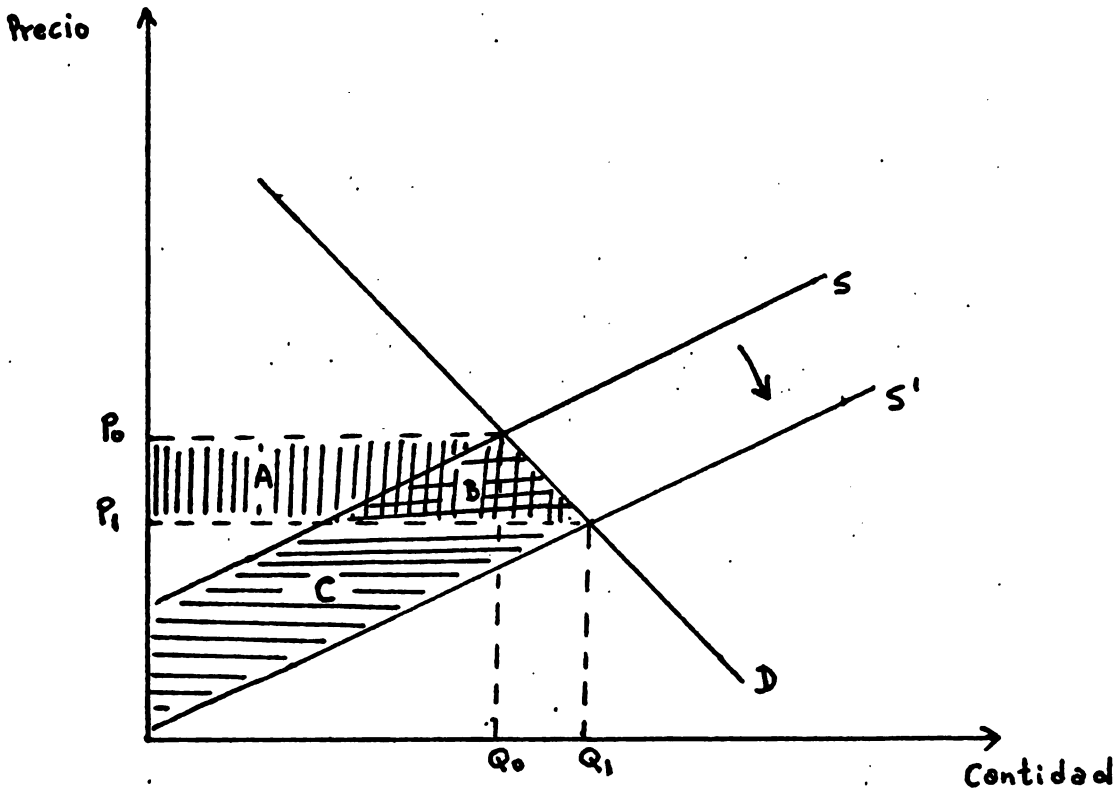


Figura 1.1.



En virtud de las observaciones anteriores, y de acuerdo con Ramalho de Castro y Schuh, se puede jerarquizar a la investigación agropecuaria por productos respecto a los efectos que ésta produciría en las ganancias relativas (1) de los productores, (2) de los consumidores; y también (3) respecto a ganancia total. Así se tienen tres maneras de jerarquizar y la que se elige depende de los objetivos que se desean alcanzar.

Por ejemplo, si el objetivo principal es incrementar el bienestar de los consumidores, entonces de una lista de productos agrícolas la prioridad la ocupan los productos con mayor ganancia relativa para los consumidores, que generalmente -pero no siempre- están asociados con productos con una baja elasticidad de la demanda. En el cuadro 1.1. se ilustra este caso. Notese que la prioridad aumenta a medida que disminuye la elasticidad de la demanda. También, puede apreciarse que la jerarquización sería exactamente la opuesta a la que se muestra, si el objetivo fuese favorecer más a los productores que a los consumidores.

## 2.2. El caso de una economía abierta.

El modelo anterior no toma en cuenta las externalidades que generalmente acompañan a la investigación agropecuaria entre regiones o países, las que se presentan una vez que se considera que los precios que enfrentan productores y consumidores de cierta región se pueden ver afectados por la investigación que se realiza en otra región, aun cuando no se realice transferencia de

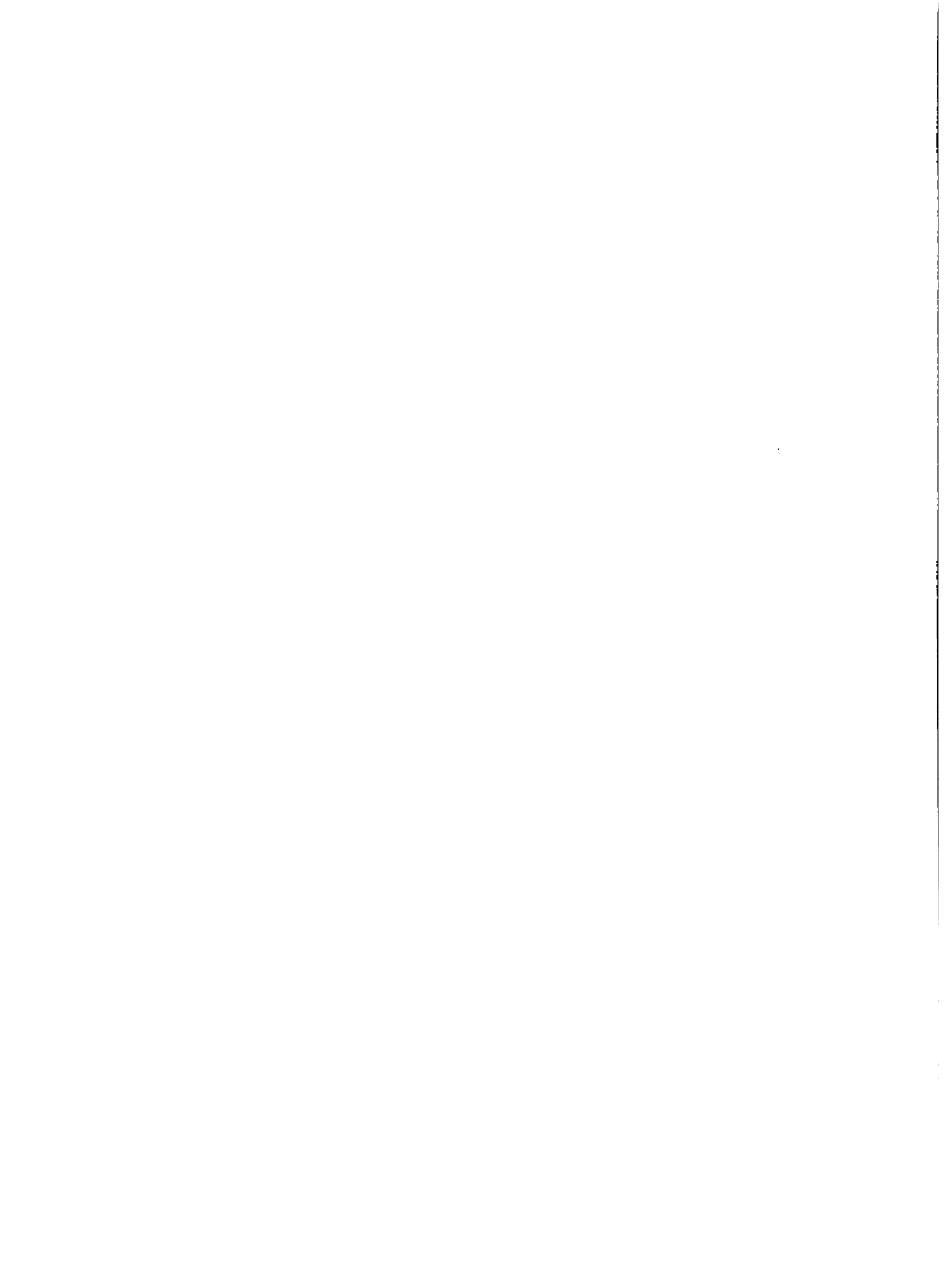


CUADRO 1.1.

GANANCIA DE LOS CONSUMIDORES COMO CONSECUENCIA DE UN DESPLAZAMIENTO DEL 10% DE LA CURVA DE OFERTA, GENERADO POR CAMBIO TECNOLÓGICO

PRODUCTO	Elasticidad de la demanda	Elasticidad de la oferta	Ganancia* %	Prioridad
Algodón	2.00	0.94	3.30	5
Caña de Azúcar	2.50	0.60	1.99	6
Arroz	0.16	1.17	8.86	1
Maíz	0.30	0.58	6.66	2
Frijol	0.32	0.31	4.96	4
Yuca	0.30	0.47	6.16	3

\* porcentaje expresado en términos de la producción total.  
 FUENTE: Ramalho de Castro y Schuh (1974). Tablas 1 al 6.



tecnología (sobre este punto véase Ardila (1987)).

En particular, el tipo de externalidades que se tienen en mente son las que se describen en las dos situaciones siguientes:

(1) al reducirse el precio del producto en una región (A) como consecuencia del desplazamiento su curva de oferta inducido por un cambio tecnológico el precio del mismo producto en otra región (B) puede verse afectado por la reducción del precio en (A).

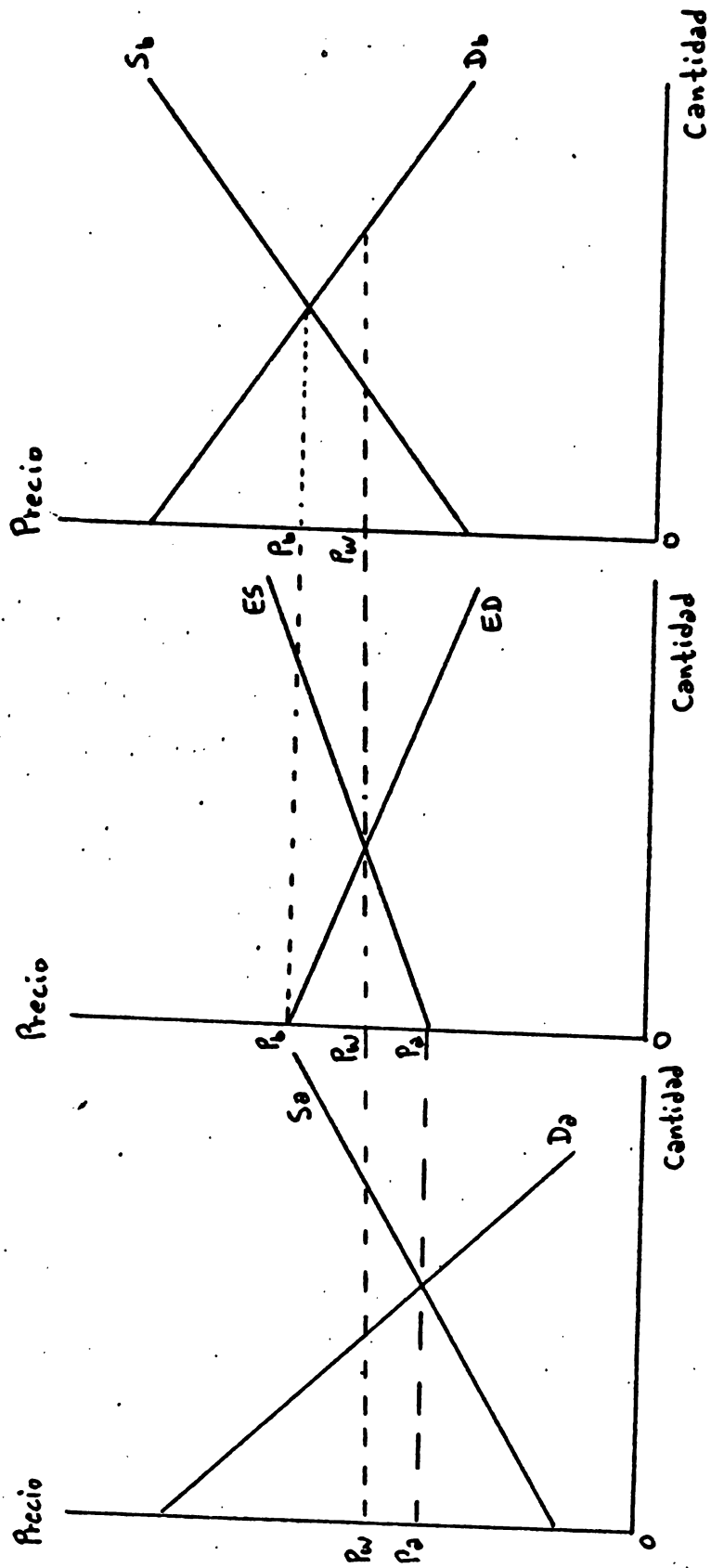
(2) cuando además de o en lugar de (1), los resultados de la investigación en una región afectan, a través de la difusión, la oferta de otras regiones o países, y afectan por consiguiente el precio de la región o país receptor y/o el precio mundial.

#### El modelo para dos países:

La situación inicial, antes de producirse los efectos del cambio tecnológico, se presenta en la figura 1.2. Se tiene un país (o región) exportador (A) y un país (o región) importador (B), representados por sus funciones de demanda ( $D_A$ ,  $D_B$ ) y de oferta ( $S_A$ ,  $S_B$ ). El país A es más eficiente en la producción del bien en cuestión, lo que se manifiesta por el hecho de que su oferta se encuentra (en antelación al cambio tecnológico) por debajo de la del país B. Adicionalmente, se consideran las funciones de exceso de demanda (ED) y exceso de oferta (ES) del mercado mundial. El exceso de demanda, ED, es la cantidad que los consumidores del país B comprarían en exceso de lo ofrecido por los productores domésticos a los precios por debajo del precio de equilibrio doméstico,  $p_B$ , que es el que prevalece en B







(c)

(b)

(a)

Figura 1.2.



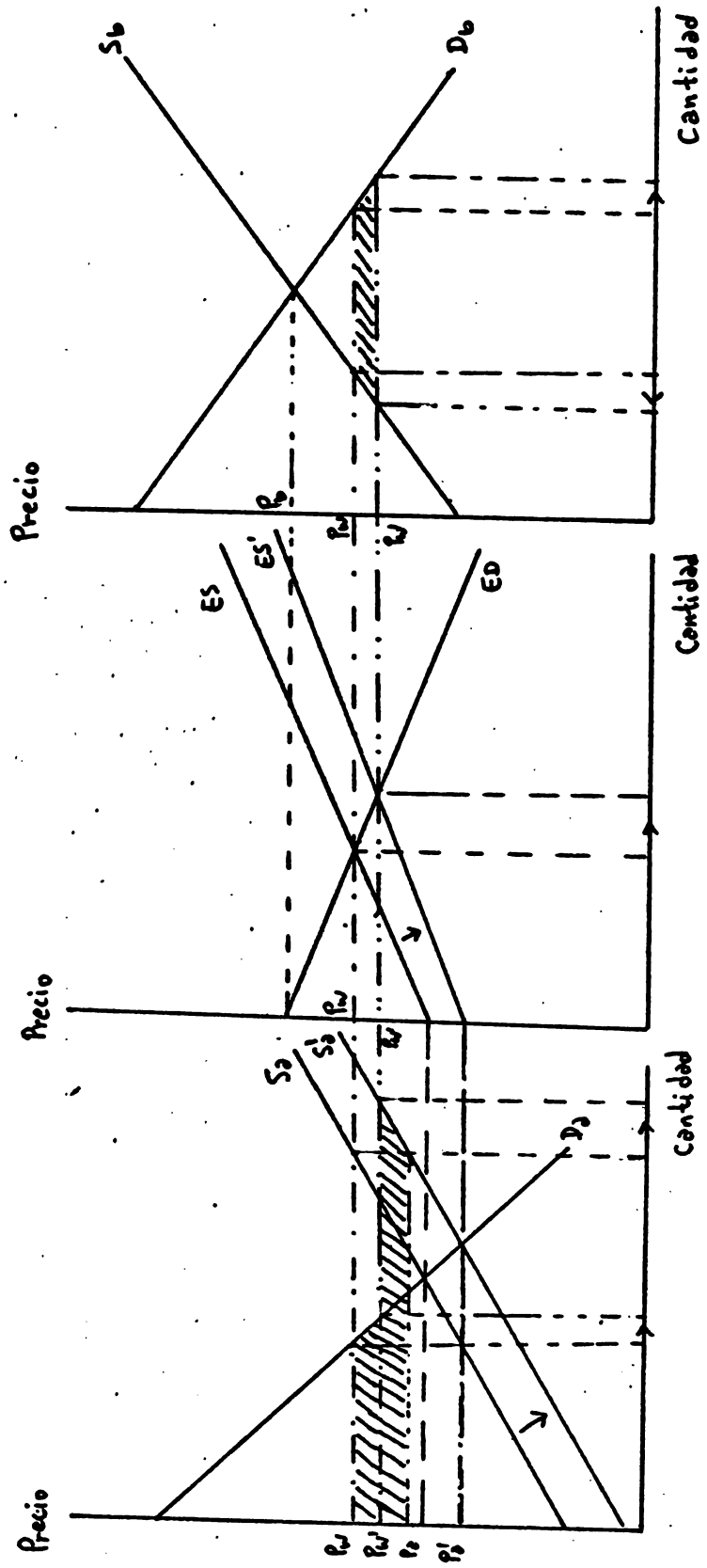
cuando la economía permanece cerrada al comercio internacional. ED se mide por la distancia horizontal  $D_b - S_b$  en la figura 1.2.c; pero se presenta en la figura 1.2.b. Por otra parte, el exceso de oferta, ES, se define como la cantidad disponible para exportar por el país A cuando el precio mundial,  $p_w$ , está por arriba del precio doméstico,  $p_a$ . ES se mide por la distancia horizontal  $S_a - D_a$  en la figura 1.2.a.

Bajo los supuestos de libre comercio (i.e. en ausencia de tarifas, cuotas, subsidios, etc.) y costos de transporte cero; en equilibrio se tiene que:  $ED = ES$ ; y, el precio, en todos los mercados, es el precio mundial  $p_w$ ; además  $p_a < p_w < p_b$ . Como en el caso de una economía cerrada; en el de una economía abierta, los excedentes de los productores y consumidores en ambos países se definen de la misma manera, pero ahora el precio  $p_w$  determina los límites de dichos excedentes, en vez del precio  $p_a$  o del precio  $p_b$ .

También, similar al caso de una economía cerrada; el cambio tecnológico en el país A desplaza la curva de oferta de  $S_a$  a  $S_a'$ . A continuación se consideran los dos escenarios descritos arriba.

**ESCENARIO 1.** En este primer escenario, que se muestra en la figura 1.3., el desplazamiento de la curva de oferta en el país A desplaza, a su vez, el exceso de oferta mundial, de  $ES$  a  $ES'$ , lo que tiene como consecuencia una disminución del precio mundial, de  $p_w$  a  $p_w'$ , como se muestra en la figura 1.3.b. La reducción en el precio mundial es acompañada de incrementos en



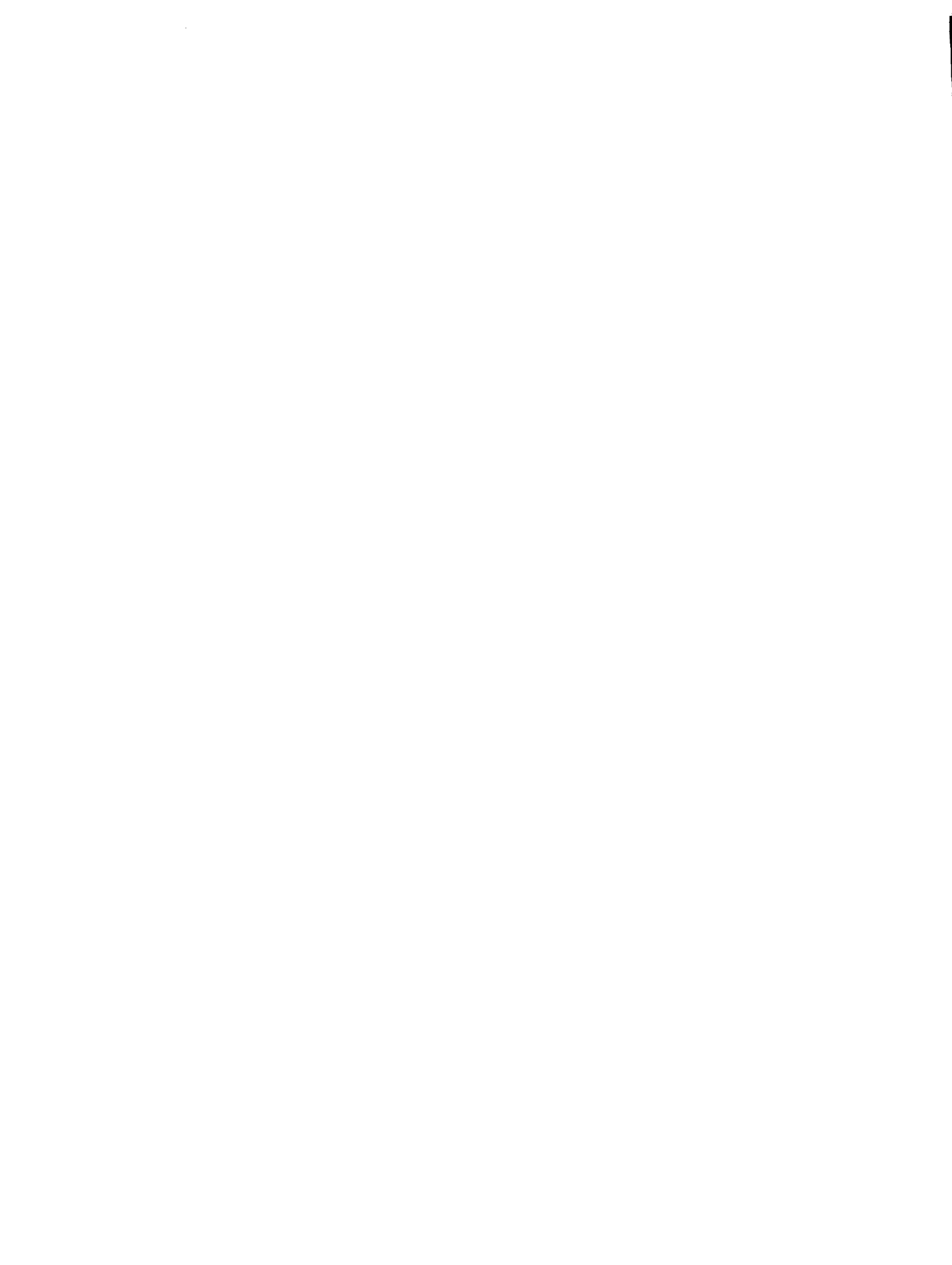


(c)

(b)

(a)

Figura 1.3.



las exportaciones (y por tanto en las importaciones), incrementos en el consumo de cada país, un incremento en la producción de A, pero una reducción en la producción de B. Adicionalmente: (a) al reducirse el precio del bien en cuestión, de  $p_w$  a  $p_w'$ , los consumidores de ambos países incrementan sus respectivos excedentes; (b) se incrementa el excedente de los productores en el país A; y, (c) al reducirse el precio del producto final pero no los costos de producción en el país B, se reduce el excedente de los productores de este país.

Sigue de las consideraciones anteriores que los beneficios totales (internacionales) de la investigación (o cambio tecnológico) en el país A se pueden expresar por

$$(1.3) \Delta CS_A + \Delta PS_A + \Delta CS_B - \Delta PS_B,$$

donde  $\Delta CS_i$ ,  $\Delta PS_i$ ,  $i = A, B$ ; representan los incrementos en los excedentes de los consumidores y de los productores, respectivamente, en el país  $i$ . El beneficio total se representa, en la figura 1.3 por las áreas sombreadas.

Con base en este modelo pueden determinarse prioridades de investigación y extensión por productos dependiendo del objetivo que se pretenda alcanzar. En particular, la I&E en diversos productos agrícolas en el país A puede jerarquizarse de las siguientes cuatro maneras, con el fin de maximizar: (1) los beneficios totales, expresados por la ecuación (1.3); (2) los beneficios nacionales del país A,  $\Delta CS_A + \Delta PS_A$ ; (3) el bienestar de los consumidores de A,  $\Delta CS_A$ ; y, (4) el incremento en el excedente de los productores de A,  $\Delta PS_A$ .





ESCENARIO 2.

En el segundo escenario, que se ilustra en la figura 1.4., los resultados del cambio tecnológico que tiene lugar en el país A son transferibles al país B. La situación para el país A es la misma que en la figura 1.3.a y por consiguiente el desplazamiento de la curva de exceso de oferta en la figura 1.4.b., de ES a ES', es el mismo que en la figura 1.3.b. Esta vez, sin embargo, al transferirse los resultados de la investigación de A a B, la curva de oferta en B se desplaza, de  $S_B$  a  $S_{B'}$ , como se muestra en la figura 1.4.c. Se asume que el desplazamiento,  $K_{AB}$ , de la curva de oferta en B —que es el efecto del ahorro en el costo unitario de producción en B— es solamente una fracción del correspondiente desplazamiento,  $K_{AA}$ , del país donde se origina el cambio tecnológico, A.

El desplazamiento de la curva de oferta en B genera, a su vez, un desplazamiento de la curva de demanda, de ED a ED', como se muestra en la figura 1.4.b. Así pues, el precio mundial se reduce, de  $p_w$  a  $p_w'$ , aún más que en el escenario 1 en el que no se presentan externalidades de la investigación en A (en forma de difusión de tecnología). Además, en este caso, el consumo y la producción se incrementan en ambos países —conviene notar, sin embargo, que el incremento de la producción en el país B, depende del tamaño de  $K_{AB}$  y la producción en B puede no incrementarse si el valor de  $K_{AB}$  es relativamente pequeño. Aunque, también en este caso, las exportaciones (y las importaciones) aumentan su incremento es menor que en el escenario 1 donde no hay transferencia de la investigación en el



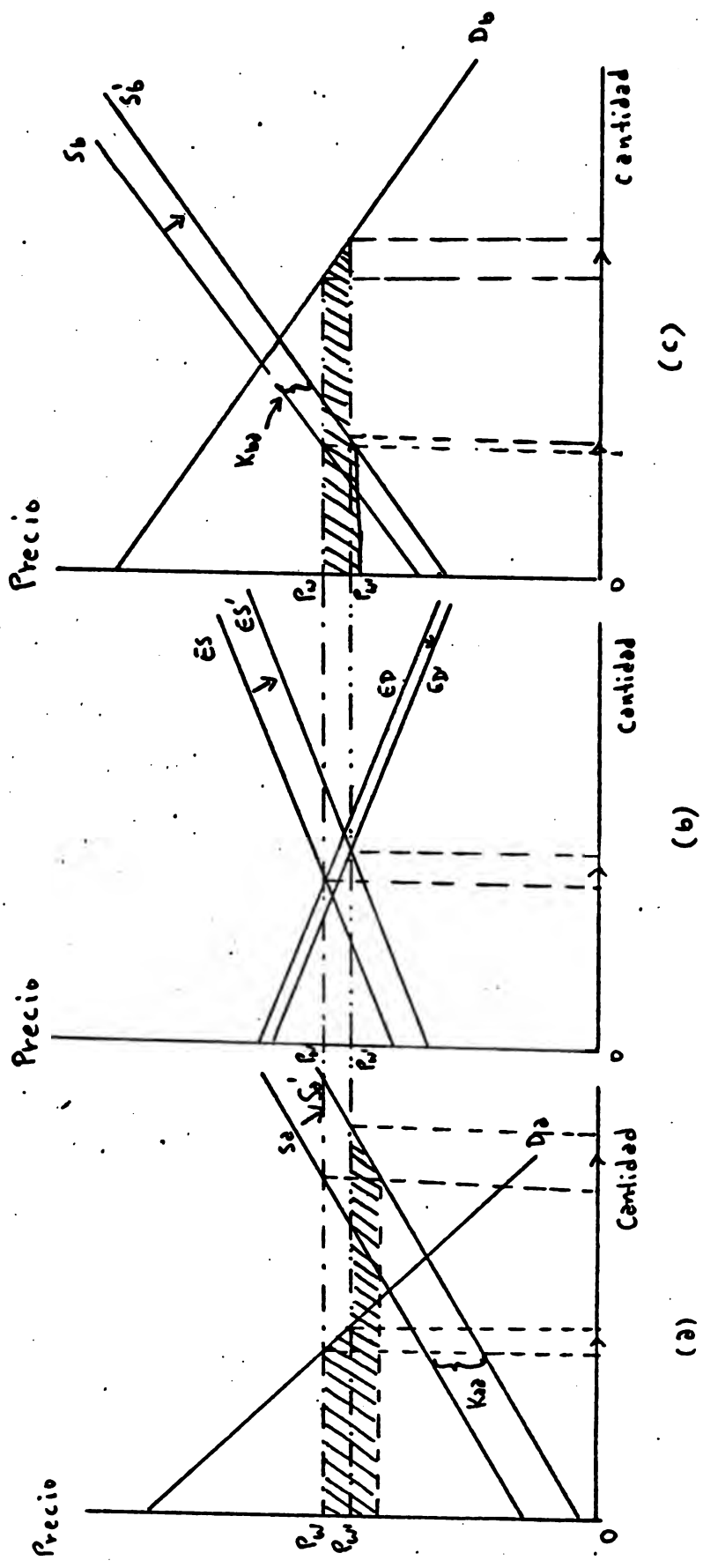


Figura 1.4.



país A al país B.

Respecto a los beneficios obtenidos, se tiene que: (a) la reducción en el precio mundial genera un incremento en el excedente de los consumidores de ambos países; (b) al incrementarse la producción en A, los productores incrementan ahí su excedente; y, (c) en el caso de la figura 1.4, los productores en B incrementan su producción y, por tanto, su excedente. Esto último no es válido en general, pues para ciertos valores de  $K_{AB}$  los productores de B reducen su producción y su excedente.

Así pues, los beneficios totales (internacionales) de la investigación en A se reducen a

$$(1.4) \Delta CS_A + \Delta PS_A + \Delta CS_B \pm \Delta PS_B$$

El último signo a la derecha de esta ecuación indica que el cambio en el excedente de los productores en B puede ser negativo.

Conviene notar que el escenario 1, en el que  $k_{AB} = 0$ , es un caso particular del escenario 2. Por consiguiente el modelo general es el que representa el escenario 2.

Con respecto a las priorizaciones generadas por este modelo, también puede jerarquizarse la I&E de las cuatro maneras señaladas anteriormente, a saber con objeto de maximizar los beneficios (internacionales) totales, los beneficios nacionales, los de los consumidores, y los beneficios de los productores.

El modelo considerado aquí para dos países ha sido desarrollado por Edwards y Freebain (1981, 1982, 1984). Sin



embargo, este modelo ha sido extendido por Davis, Oran y Ryan (1987), para incluir un número arbitrario de países capturando los efectos de las externalidades de la investigación en determinado país en los demás.

#### El modelo para N países.

En el último modelo se consideran N países, de los cuales n comercian internacionalmente con el producto en cuestión y los restantes países  $N - n$  solo lo producen y consumen domésticamente, pero se benefician de las externalidades de la investigación (i.e. difusión de la tecnología) de determinado país. Adicionalmente se consideran T períodos. El desarrollo algebraico de este modelo permite calcular los beneficios se indican a más adelante en función de los siguientes parámetros:

1.  $Q_{f,t}$  = la cantidad del bien producido en el país "f" en el período t, sin investigación;
2.  $b_f$  y  $b_i$  = parámetros de las pendientes ( $\delta Q/\delta P$ ) de la función de demanda en el f-ésimo o i-ésimo país/región, que se pueden obtener de las elasticidades de la demanda y cantidades y precios observados;
3.  $\beta_f$  y  $\beta_i$  = parámetros de las pendientes ( $\delta Q/\delta P$ ) de la función de oferta en el f-ésimo o i-ésimo país/región, que se pueden obtener de las elasticidades de la demanda y cantidades y precios observados;
4.  $p_{y,t}$  = probabilidad de éxito en el período t de la investigación efectuada en el país "y"
5.  $x_{f,t}$  = nivel máximo de adopción esperado en el país "f" en el





período  $t$ .

6.  $K_{y,f}$  = efecto de reducción del costo de producción en el país "f" ( $f = 1, 2, \dots, N$ ) como consecuencia de la investigación en el país "y".  $K_{y,f}$  mide el desplazamiento de la curva de oferta en el país "f".

7.  $e_{y,t}$  = tipo de cambio en \$ en el período  $t$  en el país "f".

8.  $r$  = tasa social de descuento en términos reales.

9.  $N$  = número total de países/regiones "homogéneas".

10.  $n$  = número de países/regiones en donde el producto en cuestión es producido, consumido y comercializado internacionalmente.  $N - n$  es el número de países donde el producto considerado es solamente comercializado domésticamente.

Los beneficios obtenidos por este modelo dependen de los parámetros que se acaban de mencionar y son los siguientes:

1. Beneficios totales (internacionales) de la investigación en cierto producto en el país "y".

2. Beneficios nacionales para el país/región "f", de la investigación en el país "y" ( $f = 1, \dots, n$ ; o  $f = n + 1, \dots, N$ ).

3. Beneficios al consumidor del país/región "f", de la investigación en el país "y" ( $f = 1, \dots, n$ ; o  $f = n + 1, \dots, N$ ).

4. Beneficios al productor del país/región "f", de la investigación en el país "y" ( $f = 1, \dots, n$ ; o  $f = n + 1, \dots, N$ ).

Al considerar los beneficios anteriores resulta una amplia variedad de priorizaciones que pueden derivarse de este modelo.

En particular, de una serie de productos agropecuarios considerados, la investigación en dichos productos puede



jerarquizarse, de mayor a menor, por los beneficios totales (internacionales) que se alcanzarían en cada producto. Por ejemplo en el cuadro 1.2. se muestra la priorización que se obtiene al considerar este criterio para establecer prioridades en una lista de doce productos, para países del continente americano, de acuerdo con datos presentados en el trabajo de Davis et. al.

## 2.2. Priorización por medio de la tasa interna de retorno.

Con base en el enfoque de costos y beneficios derivados de la investigación agropecuaria algunos modelos que utilizan métodos algebraicos (Araji, Sim y Gardner, 1978) y econométricos (Bredahl y Peterson, 1976) se concentran en calcular (1) tasas de retorno de la investigación agropecuaria para ciertos productos; y/o (2) diferentes medidas de beneficios netos. A partir de estos cálculos es posible priorizar la investigación agropecuaria por producto o rubro de producción.

### 2.2.1. Modelo de Araji et. al. (1978).

Este modelo se centra en calcular tasas de retorno ex-ante de la Investigación y extensión (I & E) por producto, con base en información cuantificable y entrevistas con personal técnico involucrado en las actividades de I & E.

Primero se calcula el flujo de beneficios brutos de la investigación en el año  $t$ , como sigue:

$$(1.5) \quad B_j = A_{jt} ( ( P_{jt} V_t - V_0 ) - C_{jt} ), \text{ donde}$$



CUADRO 1.2.

PRIORIZACION Y VALOR PRESENTE ESPERADO DE LOS BENEFICIOS PROMEDIO INTERNACIONALES DE INVESTIGACION DESARROLLADA EN PAISES DEL CONTINENTE AMERICANO

PRODUCTO	Valor presente beneficios internacionales (\$ mill.)	PRIORIDAD
Arroz	447	1
Azucar	159	5
Banano/plátano	140	7
Camote	142	6
Coco	49	11
leguminosas	137	8
Maiz	173	4
Nueces	29	12
Ovinos y Caprinos	102	9
Papa	241	3
Sorgo	56	10
Trigo	283	2

FUENTE: Davis, J. S. et al. (1987). Tabla 4.2.



1.  $B_{jt}$  = beneficios de la j-ésima tecnología en el año t;
2.  $A_{jt}$  = producción total que se espera afectar por la tecnología j en el año t.
3.  $P_{jt}$  = cambio esperado en la productividad del producto agropecuario en el año t como consecuencia de la implementación de la tecnología j.
4.  $V_t$  = precio esperado del producto afectado por la tecnología j en el año t.
5.  $V_0$  = precio por unidad en el año base.
6.  $C_{jt}$  = cambio esperado en el costo de producción del producto afectado por la j-ésima tecnología en el año t.

El valor presente del flujo de beneficios esperados en la investigación y extensión agropecuaria está dado por

$$(1.6) \quad E(B_j) = \sum (B_{jt} P(A_t \cap S_t) / (1+r)^t),$$

donde:

$N$  = número de años en los que la investigación y extensión en la tecnología j afecta al producto considerado.

$P(A_t \cap S_t)$  = probabilidad de que la investigación en la tecnología j tenga éxito y sea adoptada en el año t.

$r$  = tasa social de retorno.

De manera similar, el valor presente del flujo de costos en I & E se expresa por

$$(1.7) \quad C_j = \sum (M_{jt} + I_{jt} + E_{jt} + R_{jt}) / (1+r)^t,$$

donde:

$C_j$  = valor presente del costo total asociado a la inversión e implementación de la tecnología j.





$M_{jt}$  = costo para mantener la investigación requerida para sostener el nivel de producción a los volúmenes previamente alcanzados por la tecnología  $j$ .

$I_{jt}$  = costo de implementación de la tecnología  $j$  en el año  $t$ , costo incurrido por el usuario.

$E_{jt}$  = costo de extensión incurrido para transferir la tecnología  $j$  al agricultor en el año  $t$ .

### Beneficios.

Varias medidas de beneficios netos de la I & E de la  $j$ -ésima tecnología pueden obtenerse a partir de las ecuaciones (1.6) y (1.7). Aquí solo se consideran dos: (a) el valor presente descontado (VPD); y (b) la tasa interna de retorno (TIR). El VPD para la  $j$ -ésima tecnología se define por

$$(1.8) \quad E(B_j) - C_j$$

La TIR para la  $j$ -ésima tecnología se define como

"la tasa de retorno que iguala el valor presente del flujo de beneficios esperados y el valor presente del flujo de gastos en desarrollo, implementación y mantenimiento de la tecnología ( $j$ -ésima)" (Araji et. al. op. cit.).

Así pues la TIR se obtiene de la siguiente ecuación

$$(1.9) \quad \sum (B_{jt} \cdot P(A_{jt} \cdot S_{jt}) / (1 + TIR)^t) - \sum (M_{jt} + I_{jt} + E_{jt} + R_{jt}) / (1 + TIR)^t = 0.$$

Con base en las consideraciones anteriores Araji et. al. obtiene cálculos de beneficios y tasas internas de retorno como los que se muestran en el cuadro 1.3.a. -éstos cálculos primero fueron determinados por áreas (o disciplinas) de investigación y después fueron agregados para cada producto. Para el calcular el VPD de los beneficios netos se utilizó una tasa de descuento del



10% .

### Priorización.

Respecto a la priorización de la I & E, ésta puede jerarquizarse por producto, de mayor a menor, de las dos siguientes maneras: (1) según el VPD de los beneficios; y, (2) de acuerdo con la TIR. Estas priorizaciones se muestran en el cuadro 1.3.b. Nótese que estas dos maneras de jerarquizar, aunque están relacionadas entre sí, no siempre coinciden, como lo muestran los datos presentados en el cuadro 1.3.b.

Conviene enfatizar que los resultados obtenidos por este modelo se basan en datos esperados, que se recogen antes o en el transcurso de las actividades de I & E.

### 2.2.2. Modelo de Bredahl y Peterson (1975).

En el trabajo de estos autores, que se fundamenta en un modelo econométrico de funciones de producción, se obtienen productividades marginales de la investigación agropecuaria para cuatro rubros de producción -granos, aves, ganado y productos lácteos. También se obtiene para cada rubro una tasa interna de retorno.

La tasa interna de retorno para el rubro j-ésimo,  $TIR_j$ , está definida por la ecuación

$$(1.10) \quad \sum MPR_{jt} / (1 + TIR_j)^t - 1 = 0,$$

donde

$MPR_{jt}$  = estimación de la productividad marginal de la investigación en el rubro j-ésimo y el período t. ( $t = 0, \dots, T$ )

-se asume que la investigación que se realiza en el período 0



CUADRO 1.3.a

RENTABILIDAD EX-ANTE DE LA INVERSION PUBLICA EN INVESTIGACION  
Y EXTENSION EN LA REGION OCCIDENTAL DE LOS E. U. A.

PRODUCTO	VALOR PRESENTE DESCONTADO (\$ millones)	TASA INTERNA de RETORNO %
:Vinos	92.9763	33.28
:Lechuga	32.567	35.83
:Tomate	113.178	45.63
:Uva	56.622	39.85
:Manzana	325.303	47.73
:Citricos	-17.038	0.00
:Papa	1012.400	104.43
:Algodon	170.910	42.38
:Arroz	37.934	33.83

FUENTE: Araji R. A. et. al. (1978). "Returns to agricultural research and extension programs: an ex-ante approach". Amer. J. Agr. Econ., December, pp. 964-968. Table 1.



CUADRO 1.3.b

PRIORIDADES DE INVESTIGACION Y EXTENSION AGROPECUARIA POR PRODUCTO, SEGUN EL VALOR PRESENTE DESCONTADO (VPD) Y LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

PRODUCTO	PRIORIDAD segun VPD	PRIORIDAD segun TIR
Papa	1	1
Manzana	2	2
Algodon	3	4
Tomate	4	3
Ovinos	5	8
Uva	6	5
Arroz	7	7
Lechuga	8	6
Citricos	9	9

FUENTE: cuadro 1.3.a





afecta a la producción durante los  $1, \dots, T$  períodos subsecuentes.

La TIR en este caso es la tasa de interés que hace que los beneficios (o retornos) descontados al presente de 1\$ invertido en la investigación en el año 0 sea igual a 1 \$.

A partir de la ecuación (1.10) puede deducirse que: (a) si se obtienen productividades marginales de la investigación por rubro y por región (o Estado), como las que se muestran en el cuadro 1.4.; y, (b) se conoce la duración promedio por rubro,  $T$ . Entonces, es posible obtener la tasa interna de retorno por rubro y por Estado -este último dato no se presenta en el artículo de Bredahl y Peterson. De esta manera, habría por lo menos dos jerarquizaciones de la investigación agropecuaria: (1) En cada Estado (o región) se puede ordenar la investigación en cada rubro, de mayor a menor, de acuerdo con su TIR.; y, (2) para cada rubro de producción pueden jerarquizarse los Estados donde han de realizarse la investigación, de acuerdo con la TIR que alcanza dicho rubro en los diferentes Estados.

En contraste con el modelo de Araji et. al., el modelo de Bredahl y Peterson obtiene tasas de retorno ex-post, por consiguiente el último modelo más bien provee información sobre la eficiencia de asignación de recursos a la investigación agropecuaria ex-post.



CUADRO 1.4.

PRODUCTOS MARGINALES DE LA INVESTIGACION  
AGROPECUARIA EN ESTADOS SELECCIONADOS

RUBRO de PRODUCCION	ILLINOIS	WISCONSIN	ARKANSAS	COLORADO
Lacteos	9.19	56.00	4.29	41.15
Granos	40.14	2.67	19.83	16.73
Aves	12.63	8.41	66.40	9.73
Ganado	38.64	12.50	8.48	61.97

FUENTE: Bredahl, M y W. Peterson (1976) "The productivity and allocation of research: U. S. agricultural experiment stations". Amer. J. Agr. Econ. November. pp. 684-692. Table 7.



### 3. Priorización mediante el método de "escoring".

A continuación se discute el método de puntajes o "escoring" para establecer prioridades de investigación y extensión. Estas prioridades pueden establecerse: (1) por productos o rubros de producción; o bien, (2) por áreas temáticas o disciplinas. Existe un buen número de trabajos en el área de priorización de I & E basados el método de scoring, por ejemplo: Toro B. et. al. (1976); Gómez Quiroga et. al. (1977); CBIAR (1985); Espinosa, Norton y Gross (1986).

Este método utiliza varios criterios, a la vez, para jerarquizar la I & E y se realiza básicamente mediante los siguientes cuatro pasos:

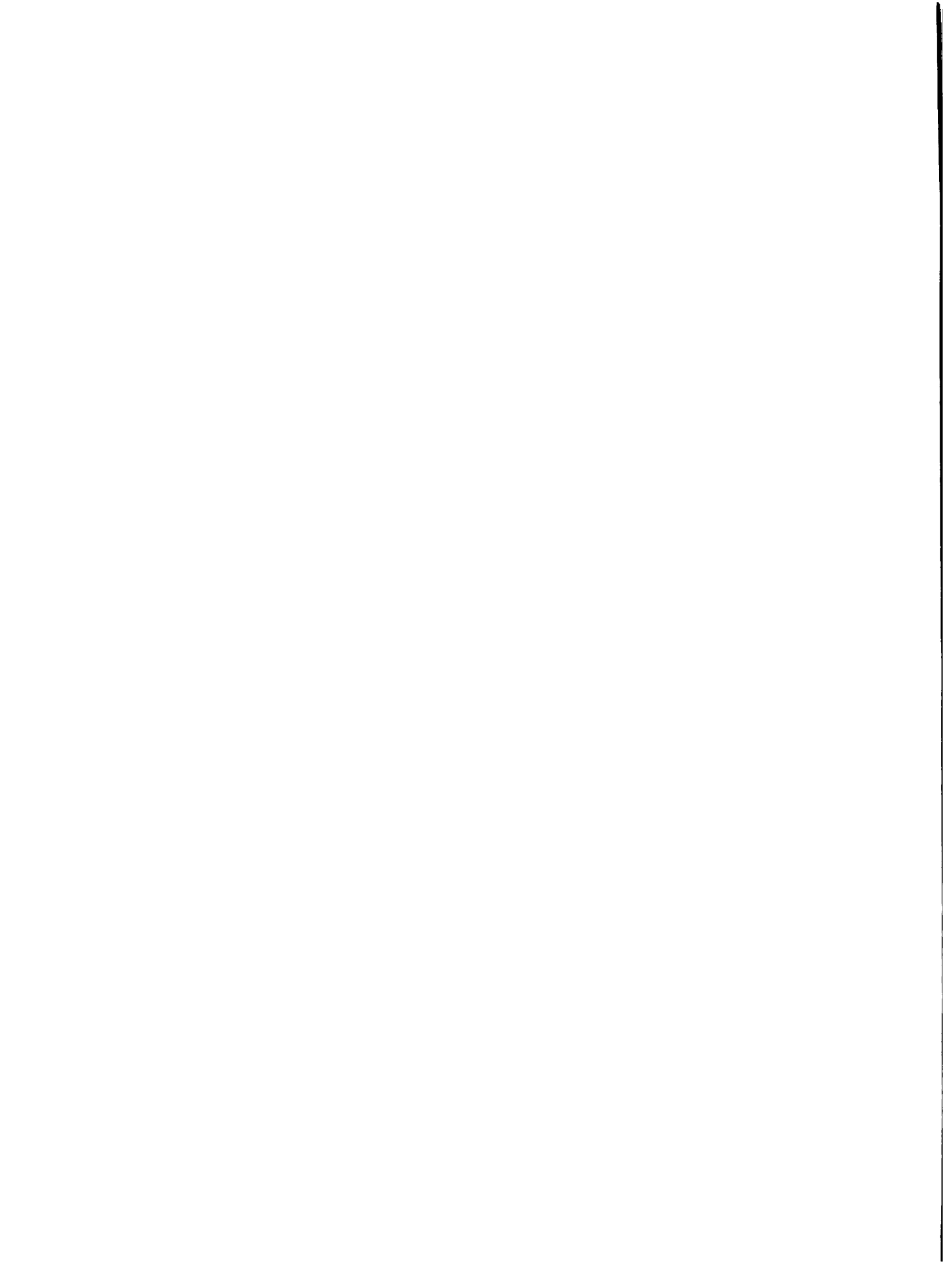
1. Primero se listan todos los rubros de producción o áreas temáticas sobre los cuales se pretende establecer prioridades.
2. El segundo paso consiste en seleccionar una serie de criterios (o variables) que se utilizarán, simultáneamente, para establecer las jerarquías de los diferentes rubros o áreas.
3. En el tercer paso se asignan ponderadores a los diferentes criterios (o variables). El ponderador de cada criterio indica la importancia relativa que se le asigna respecto a los demás.

4. Finalmente, se asigna un puntaje (o "ranking") a cada rubro o área, de acuerdo con la fórmula siguiente

$$(1.11) \quad \sum a_j x_{ij}, \quad \text{con } \sum a_j = 1.$$

donde:

$x_{ij}$  = valor de la variable  $j$  para el rubro o área  $i$ ;



$i = 1, \dots, n;$

$j = 1, \dots, m;$

$n$  = número de rubros o áreas considerados;

$m$  = número de criterios (o variables) elegidos;

$a_j$  = ponderador (o peso) de la variable  $j$ .

El grupo de criterios puede definirse de manera consistente con uno o varios objetivos claramente definidos de antemano, por ejemplo en el trabajo del CGIAR, el objetivo elegido fue "contribuir... (por medio de la investigación)... al incremento sostenido de la producción en los países en vías de desarrollo de tal manera que los niveles de nutrición y bienestar de los grupos de bajos ingresos sean mejorados". Con base en este objetivo se consideraron tres tipos de criterios relacionados con: (1) la relevancia del producto, (2) la productividad; y, (3) la eficiencia de la investigación. Una lista completa de las variables utilizadas para caracterizar a estos criterios se presenta en la página 80 del trabajo del CGIAR.

Sin embargo, en otros trabajos (por ejemplo Gómez Quiroga et. al) se deja que todos los criterios elegidos definan, implícitamente, los objetivos alrededor de los cuales se lleva a cabo la jerarquización.

Respecto a los criterios utilizados algunos son cuantificables, mientras que otros son más bien cualitativos. Además, el trabajo de priorización incluye la utilización o (si es el caso) el diseño de metodologías para medir los diferentes





criterios, y/o variables que los representan. Por otra parte, cabe mencionar que cada estudio selecciona diferentes criterios y objetivos para priorizar la I&E.

Respecto a las ponderaciones de los diferentes criterios, debe señalarse que en algunos trabajos se dejan implícitos y en otros se determinan explícitamente. Esta diferencia es crucial, pues en el último caso los ponderadores (o importancia relativa) de cada criterio puede ser determinada por grupos de expertos. Esto permite que se tenga más control sobre los resultados obtenidos, en el sentido que se visualiza el porqué de los mismos. Esto no sucede cuando se deja que las ponderaciones sean implícitas.

### 3.1. Un ejemplo.

Como ilustración del método de escoring para priorizar por rubros de producción y por áreas temáticas, con objetivos y ponderadores explícitos, se discute el trabajo de Espinosa, Norton, y Ross.

En dicho estudio se consideraron tres metas (u objetivos) principales "(1) incremento del nivel de ingreso del país, (2) mejoramiento de la situación económica de los grupos más desventajados...; y, (3) sustentación de los niveles de ingreso del país" (Espinosa et. al. pág 2).

#### 3.1.1. Priorización por rubros de producción.

Los criterios elegidos para priorizar la I & E por rubros se organizaron en cuatro categorías referentes a:

(1) la importancia del producto o rubro considerado,



- (2) probabilidad de éxito de la investigación en el rubro
- (3) eficiencia de las investigación en el rubro
- (4) distribución del impacto, de la investigación en el rubro.

Cada una de estas cuatro categorías se caracterizó mediante criterios (cualitativos) y variables cuantitativas. Los criterios y variables consideradas, así como las ponderaciones asignadas —mediante la técnica Delphi, a través de entrevistas con expertos— se indican a continuación.

— Las variables que determinan la importancia del producto y sus respectivas ponderaciones son las siguientes:

- 1.1. valor de la producción, 11%
- 1.2. número de fincas involucradas en la producción (que indica el número de productores beneficiados), 11%
- 1.3. generación de divisas o disminución de la demanda de divisas, 9%
- 1.4. importancia nutritiva del producto en la población: calorías y proteínas, 7% y 8% respectivamente, total 15%

— Los criterios que determinan la probabilidad de éxito son:

- 2.1. Brecha de rendimiento, 6%
- 2.2. Probabilidad de éxito según opinión de investigadores, 10%

— Para determinar la eficiencia (en términos de costos y beneficios) de la investigación se consideraron los siguientes cuatro criterios:

- 3.1. vinculación con centros internacionales (a mayor vinculación, mayor eficiencia), 5%
- 3.2. Enfasis actual de la investigación (a mayor número actual



de investigaciones en el producto mayor eficiencia en la investigación), 6%

3.3. Incentivos al sector privado, 3%

3.4. ventaja comparativa del producto, 6%

- La distribución del impacto en la investigación se caracterizó mediante:

4.1. Su efecto sobre los precios, 5%

4.2. Autoconsumo del producto (i.e. efecto sobre pequeños productores), 7%

4.3. Evolución de la demanda futura (i.e. efecto sobre los consumidores), con 5%.

La primer categoría consta de variables cuantitativas, mientras que las demás categorías constan de variables más bien, pero no totalmente, cualitativas. A las variables de estas tres últimas categorías se les asignaron los siguientes posibles valores: 0, ninguno; 1, poco; 2, mucho. Los valores para cada una de tales variables fueron determinados mediante entrevistas con expertos. Para determinar el valor de cada variable se eligió la moda de las respuestas.

Después de haber medido las diferentes variables para cada rubro y de haber determinado los ponderadores para cada criterio se obtiene, mediante la fórmula (1.11), el puntaje para cada rubro. De ahí se determina la jerarquía de cada uno de estos, como se muestra en el cuadro (1.5), en donde además se muestra, una segunda priorización, a priori, efectuada por Espinosa et. al., para ordenar grupos de rubros en cuatro categorías -de alta



CUADRO 1.5.

PRIORIZACION DE LA INVESTIGACION POR RUBROS

ALTA PRIORIDAD	MEDIA PRIORIDAD	BAJA PRIORIDAD	MUY BAJA PRIORIDAD
1. arroz	9. frutales de hoja caduca	18. ovinos	29. chonta- duro
2. café	10. frijol	19. soya	30. caprinos
3. maíz	11. legumino- sas andinas	20. aves	31. oleagi- nosas menores
4. plátano y banano	12. ganaderia de carne y doble propósito	21. mari	32. hortali- zas sub- tropi- cales
5. cebada y trigo	13. cereales andinos	22. hortali- zas de clima frio	33. palma africana
6. papa	14. porcinos	23. cultivos andinos menores	34. flores
7. ganaderia de leche	15. frutas tropica- les citricos	24. sorgo	35. tabaco
8. cacao.	16. legumino- sas de costa	25. cereales menores	36. algodón
	17. yuca.	26. especies menores	37. caña de azúcar
		27. frutas subtro- picales	38. jojoba
		28. hortali- zas tro- picales	39. te

FUENTE: Espinosa, P; G. Norton; y, H. D. Gross. Identificación y selección de prioridades de investigación agropecuaria en el Ecuador. Mimeografiado. Octubre 1981.





a muy baja prioridad.

### 3.1.2. Priorización por áreas temáticas.

Para este caso se consideraron los siguientes criterios, también se muestran los ponderadores de cada uno de ellos:

1. Abundancia de recursos. Se considera que las investigaciones que enfatizan el uso de los recursos relativamente abundantes son las que contribuyen más al crecimiento económico. El ponderador fue de 35%.
2. Principales problemas. Se toma en cuenta la intensidad de los problemas que presentan las áreas elegidas para establecer prioridades. Ponderador 35%.
3. Vinculación con los centros internacionales. Se asume que a mayor vinculación se obtiene mayor eficiencia en la investigación. Ponderador 10%.
4. Incentivo al sector privado. Si el sector privado puede apropiarse, por medio de patentes, del conocimiento generado por las investigaciones, se considera que la investigación produce mayores beneficios. Ponderador 10%.
5. Énfasis actual de la investigación. A mayor número actual de investigaciones en el área mayor eficiencia en la investigación. Ponderador 10%.

Como en el caso de la priorización por rubros, a cada uno de los criterios elegidos se les asignaron los posibles valores de: 0, ninguno; 1, poco; 2, mucho. Los valores para cada uno de los criterios, así como su respectivo ponderador, fueron determinados mediante entrevistas con expertos. Mediante la fórmula (1.11) se



obtiene el puntaje o "escore" para cada área.

En el cuadro 1.6. se muestran las áreas temáticas o disciplinas consideradas en Espinosa et. al. y la jerarquía de cada una de ellas.

#### 4. Priorización mediante una sola meta o criterio.

En contraste con los trabajos de priorización mediante el método de escoring, que toma en cuenta criterios múltiples para establecer prioridades de la investigación agropecuaria, en algunos trabajos de la literatura de priorización se establecen jerarquías de investigación —por productos, problemas específicos y áreas temáticas— mediante una sola meta o un solo criterio.

En este contexto, en el artículo de Pinstруп-Andersen, Londoño, Howard (1976), se establecen prioridades con el fin de mejorar el estado nutricional de grupos vulnerables.

De manera similar, Pinstруп-Andersen y Diaz (1975) discuten un método que provee información para establecer prioridades de acuerdo con la severidad que presenten los problemas agroeconómicos que afectan a un producto.

También, Ardila y Londoño (1976) presentan un método para determinar la priorización implícita de la asignación de prioridades a la investigación agropecuaria, mediante el análisis del presupuesto asignado a varios rubros de producción o disciplinas durante cierto periodo.

Seguidamente se discuten los enfoques mencionados.



CUADRO 1.6.

PRIORIZACION DE LA INVESTIGACION POR AREAS TEMATICAS

AREA	PUNTAJE	PRIORIDAD
Mejoramiento genético vegetal	1.80	1
Conservación de suelos	1.80	1
Uso eficiente de agua	1.70	3
Fertilización de suelos	1.45	4
Nutrición animal	1.45	4
Sanidad animal	1.45	4
Agroforestales	1.35	7
Tranferencia de tecnología	1.20	8
Prácticas culturales	1.20	8
Técnicas post-cosecha	1.15	10
Socio-economía	1.10	11
Mejoramiento animal	1.10	11
Técnicas de prod. de semilla	0.90	13
Sanidad vegetal	0.90	13
Acuacultura	0.80	15
Mecanización	0.55	16

FUENTE: Espinosa, P; G. Norton; y, H. D. Gross. Identificación y selección de prioridades de investigación agropecuaria en el Ecuador. Mimeografiado. Octubre 1981.



#### 4.1. Priorización de la investigación agrícola con miras a mejorar el estado nutricional de grupos vulnerables.

En el artículo de Pinstруп-Andersen, Londoño, y Howard (1976) se establecen prioridades de investigación agrícola por productos. Esta priorización se establece por medio de calcular la reducción en la deficiencia calórica y/o proteica de grupos de población vulnerables, tal reducción es causada por un incremento de la oferta de determinado producto alimenticio, generada por la investigación en el mismo.

##### El modelo.

Para obtener los cálculos de las reducciones mencionadas se realizan una serie de pasos que se describen, heurísticamente, enseguida. (Las fórmulas para obtener los cambios pueden consultarse en las páginas 132-134 del artículo que ahora se discute).

1. Primeramente, se divide la población de la muestra estudiada (población del área urbana de Bogotá, Colombia) en cinco estratos de ingreso. Además para cada bien,  $i$ , y estrato de ingreso,  $m$ , se calcula --por medio de la metodología desarrollada por Frisch y descrita en Deaton y Muellbauer (1981)-- la elasticidad de la demanda con respecto a (c.r.a): (1) su propio precio,  $e_{i,i}(m)$ ; y, (2) el precio de otros bienes  $j$ ,  $e_{i,j}(m)$ .

Posteriormente, al promediar (con ponderadores) las elasticidades de los diferentes estratos se obtienen nuevas elasticidades, para toda la población, de la demanda del bien  $i$





con respecto a: (1) su propio precio,  $e_{11}$ ; y (2) el precio de los otros bienes,  $j$ ,  $e_{1j}$ .

2. En segundo lugar, se calcula el cambio en el consumo de calorías y proteínas de cada estrato causados por el desplazamiento de la curva de oferta de cada uno de los productos considerados. El proceso desarrollado para calcular dichos cambios se describe a continuación.

Se parte de una situación de equilibrio, en la cual se produce (y consume) una cantidad  $Q_i^0$  del bien  $i$ , con precio  $P_i^0$ ; y además se produce (y consume) una cantidad  $Q_j^0$  con precio  $P_j^0$ , de cada uno de los otros bienes  $j$  ( $j \neq i$ ) -en un entorno de competencia perfecta, en la que los consumidores y productores individualmente no afectan los precios.

Enseguida, se desplaza la curva de oferta del bien  $i$  lo que produce un cambio en la cantidad producida y el precio del producto  $i$ , a  $Q_i^1$  y  $P_i^1$  respectivamente, por supuesto dichos cambios dependen de  $e_{11}$ .

Ya que la demanda de un bien depende de su propio precio y los precios de los demás bienes, se tiene que el cambio en el precio del bien  $i$  desplaza, a su vez, cada una de las curvas de demanda de los otros bienes  $j$  ( $j \neq i$ ). Por consiguiente nuevos precios  $P_j^1$  y cantidades  $Q_j^1$  resultan para los bienes  $j$  ( $j \neq i$ ), los niveles de estos nuevos precios y cantidades dependen de  $e_{1j}$ .

A su vez, los cambios en los precios de otros bienes  $j$  ( $j \neq i$ ) desplazan la curva de demanda del bien  $i$ , lo que produce un nuevo nivel de producción  $Q_i^2$  y un nuevo precio del bien  $i$ ,  $P_i^2$ .



Otra vez, el cambio en el precio del bien  $i$  desplaza la curva de demanda de los demás bienes  $j$  ( $j \neq i$ ); y así sucesivamente.

El proceso se repite hasta converger a un nuevo equilibrio, caracterizado por un precio estable del bien  $i$  (y el de los demás bienes  $j$ ) en un nivel  $P_i^F$  ( $P_j^F$ ) y con una producción, igual al consumo, de  $Q_i^F$  ( $Q_j^F$ ). El equilibrio final también depende de la elasticidad de la oferta del bien  $i$ .

Por último, se obtiene el cambio en calorías y proteínas consumidas por el estrato de ingreso  $m$  como consecuencia del desplazamiento de la función de oferta del bien  $i$  en función de: (1) los precios en los equilibrios iniciales y finales del bien  $i$  y de los demás bienes  $j$ ; (2) las elasticidades, en cada estrato,  $m$ , del bien  $i$  y de los otros bienes  $j$  c.r.a. su propio precio y c.r.a. los precios de los otros bienes; y, (3) las cantidades consumidas inicialmente, en cada estrato de ingreso  $m$ , del bien  $i$  y de los otros bienes  $j$ .

3. Finalmente —a partir de: (1) los datos del consumo promedio de calorías y proteínas en cada estrato de ingreso; y, (2) de los cambios ya calculados en el consumo de calorías y proteínas en cada estrato— se obtiene la reducción en la deficiencia calórica y protéica para cada estrato, como consecuencia de un desplazamiento de la curva de oferta del bien  $i$ , dicho desplazamiento puede ser generado por investigación en el producto  $i$ .

Tales reducciones en las deficiencias de calorías y



proteínas de los estratos más vulnerables son las que permitirán asignar determinada jerarquía a la investigación en el producto i, como se verá más adelante.

#### Fuentes de información y características de la muestra.

Para aplicar la metodología que se acaba de describir se recolectó información sobre:

1. Cantidades consumidas y precios pagados de 22 alimentos o grupos de alimentos por las familias de la muestra estudiada, 230 familias.
2. Ingreso mensual, tamaño, distribución de edades, gastos mensuales en alimentos, de las familias estudiadas

Los datos fueron recogidos dos veces en un mismo año. Las familias fueron seleccionadas de cinco estratos establecidos de antemano, de acuerdo con los ingresos familiares.

#### Resultados empíricos.

Enseguida se discute sobre el tipo de priorización de la investigación agrícola, por producto, que se obtiene al aplicar la metodología en consideración.

Al no disponer información sobre la elasticidad de la oferta de cada uno de los alimentos en estudio, y de costos de investigación, los resultados obtenidos en Pinstруп-Andersen et. al. (1976) se calcularon para 6 diferentes escenarios, determinados por dos valores hipotéticos de la elasticidad de la oferta de cada producto, y de tres supuestos sobre los costos de investigación.

A manera de ilustración de la metodología en cuestión, en



este trabajo solo se discute uno de los 6 escenarios analizados. En éste se asume que la elasticidad de la oferta es cero y además que iguales incrementos porcentuales en la oferta de cualquiera de los 22 alimentos considerados se obtiene incurriendo el mismo costo de investigación.

De los cinco estratos estudiados el número I, que es el de menores ingresos, fue el único que resultó deficiente en el consumo de calorías per capita; y, el más deficiente en el consumo de proteínas per capita.

En el cuadro 1.7. se muestra la reducción en la deficiencia calórica y protéica del estrato I causada por un incremento del 10% en la oferta de cualesquiera de los alimentos en cuestión. Se asume que la curva de oferta de cualquiera de ellos,  $E_a$ , es idéntica a cero, i.e.  $E_a = 0$ . Se tiene, por ejemplo, que el incremento del 10% en la oferta de arroz, reduce más tanto la deficiencia calórica como la protéica, en el estrato I, que el mismo incremento porcentual en la oferta de cualquier otro de los alimentos considerados.

Al introducir la hipótesis referente al (mismo) costo de investigación se sigue que: la jerarquía, de mayor a menor, que establece la relación costo-beneficio de cada producto es la misma que la jerarquía que establece, de mayor a menor, la reducción en la deficiencia calórica (o protéica) de cada producto.

Así pues a partir de la observación precedente y la información presentada en el cuadro 1.7. se determinan: (a) las





CUADRO 1.7.

REDUCCION DE LAS DEFICIENCIAS EN CALORIAS Y PROTEINAS EN EL ESTADO MAS VULNERABLE (I) CAUSADAS POR UN INCREMENTO DEL 10% EN LA OFERTA DE CUALQUIERA DE LOS ALIMENTOS INDICADOS, PARA E<sub>s</sub> = 0.

ALIMENTO	deficiencia CALORIAS	%	deficiencia PROTEINAS	%
Aceites y Grasas	0.55		-0.11	
Alvejas	-0.19		0.17	
Arroz	18.22		5.80	
Azúcar	17.54		1.44	
Carne de Cerdo	1.00		1.32	
Carne de Res	3.42		5.75	
Frijol	3.42		2.99	
Huevos	0.33		1.21	
Leche	1.33		1.49	
Lentejas	0.48		0.52	
Maiz	16.22		5.46	
Naranjas	0.86		0.75	
Pan y Pastas	5.29		2.07	
Papa	6.39		2.24	
Plátano	9.64		1.15	
Tomate	-0.15		0.00	
Vegetales	0.40		0.29	
Yuca	9.78		1.90	

FUENTE: Pinstrup-Andersen et. al. (1976) "The impact of increasing food supply on human nutrition". Amer. J. Agr. Econ., May 1976. página 140



prioridades por producto que se establecen cuando el objetivo es mejorar la nutrición mediante el aumento en el consumo calórico, esta priorización se presentan en el cuadro 1.8.a.; y, (b) las prioridades que se establecen cuando el objetivo es mejorar la nutrición mediante el incremento del consumo proteico, cuadro 1.8.b. Se aprecia en estos dos últimos cuadros que el arroz resulta el producto individualmente más importante para mejorar la dieta calórica y proteica, bajo los supuestos de este escenario. Por lo tanto tiene la más alta prioridad en cuanto a la investigación.

Cabe mencionar que diferentes priorizaciones resultan bajo diferentes escenarios y por consiguiente se obtienen resultados más generales cuando se consideran todos los escenarios a la vez. La priorización que se muestra en los cuadros 1.7.a y 1.7.b tiene el solo propósito de servir como ilustración de la aplicación de la metodología en cuestión.



CUADRO 1.8.4

PRIORIDAD DE LA INVESTIGACIÓN POR PRODUCTOS CONSIDERADOS CUANDO EL OBJETIVO ES MEJORAR LA NUTRICIÓN MEDIANTE EL INCREMENTO DE CALORIAS DEL ESTRATO MAS VULNERABLE (1).

ALIMENTO	% de reducción de la deficiencia de CALORIAS	PRIORIDAD
Arroz	18.22	1
Azucar	17.64	2
Maiz	16.22	3
Yuca	9.78	4
Platano	9.64	5
Aceites y Grasas	8.55	6
Papa	6.39	7
Pan y Pastas	5.29	8
Frijol	3.42	9
Carne de Res	3.42	10
Leche	1.33	11
Carne de Cerdo	1.00	12
Naranjas	0.86	13
Lentejas	0.48	14
Vegetales	0.40	15
Huevos	0.33	16
Tomate	-0.15	17
Aiverjas	-0.19	18

FUENTE: Cuadro 1.7.



CUADRO 1.8.6.

PRIORIDAD DE LA INVESTIGACION POR PRODUCTOS CONSIDERADOS CUANDO EL OBJETIVO ES MEJORAR LA NUTRICION MEDIANTE EL INCREMENTO DE PROTEINAS DEL ESTRATO MAS VULNERABLE (1).

ALIMENTO	% de reducción de deficiencia de PROTEINAS	PRIORIDAD
Arroz	5.80	1
Carne de Res	5.75	2
Maiz	5.46	3
Frijol	2.99	4
Papa	2.24	5
Pan y Pastas	2.07	6
Yuca	1.90	7
Leche	1.49	8
Azucar	1.44	9
Carne de Cerdo	1.92	10
Huevos	1.21	11
Platano	1.15	12
Naranjas	0.75	13
Lentejas	0.52	14
Vegetales	0.29	15
Alverjas	0.17	16
Tomate	0.00	17
Aceites y Grasas	-0.11	18

FUENTE: Cuadro 1.7.





#### 4.2. Priorización por problema específico.

Pinstrup-Andersen, y Díaz (1975) proponen una metodología, que combina el análisis agroeconómico con experimentos agrobiológicos con el fin de generar información útil para establecer prioridades de investigación agrícola tendiente a resolver problemas específicos de cierto producto, en este caso la yuca.

La metodología "hace énfasis en: identificar los principales problemas que restringen la producción y productividad; y, estimar las implicaciones que tendría el remover tales problemas" (ibid. pág. 52).

Para lograr lo anterior, se levanta un censo (o una muestra) agroeconómico en las fincas cultivan el producto en cuestión (en este caso yuca) en las diferentes regiones del país; por un grupo entrenado de agrónomos y economistas, que efectúa visitas periódicas durante un ciclo completo de cosecha. En términos generales el censo recoge información referente a:

(1) la descripción del proceso productivo del cultivo en cuestión, con énfasis en la estructura, la conducta y desempeño del mismo (para una definición de estos tres términos véase Pinstrup-Andersen y Díaz op. cit.).

(2) los factores que limitan la producción y productividad del cultivo, tales como plagas y enfermedades, crecimiento de maleza; deficiencias en los suelos utilizados, condiciones adversas de lluvia. etc; y,

(3) las características de las tecnologías preferidas por los agricultores.

Pinstrup-Andersen y Díaz sugieren que a partir de la



información proporcionada por el análisis agroecológico se puede estimar la pérdida económica relativa causada por los diferentes problemas hallados (e.g. prevalencia de insectos, malezas, etc) en colaboración con científicos del área agrobiológica. Tales estimaciones (o relaciones de costo beneficio derivadas de ellas) permitirían establecer prioridades de investigación en diferentes disciplinas, relacionadas con los problemas hallados.

#### 4.3. Priorización implícita.

Ardila y Londoño (1976) se propone un método para determinar las prioridades implícitas o ex-post de la investigación agrícola -ya sea por rubro de producción o disciplina- por medio de examinar el presupuesto destinado a diversos rubros o disciplinas durante varios años, tal metodología es aplicada para el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) pero que es aplicable a cualquier otro instituto que destina recursos a varios programas de investigación en el sector agropecuario. Las prioridades determinadas por esta metodología se denominan implícitas o ex-post porque se determinan a partir de, o después de, la asignación de recursos a la investigación.

Primeramente, se clasifica en grupos los distintos rubros (o disciplinas) en cuestión, de 1 hasta n, sobre los cuales se ha realizado investigación durante un período reciente (en el caso del ICA se consideraron 14 cultivos y especies animales y un período de 7 años).

En segundo lugar, se asignan jerarquías anuales a los



diferentes rubros (o disciplinas), como se indica enseguida.

En cada año, a cada rubro (o disciplina) se asigna una jerarquía, de la 1 hasta la  $n$ , de acuerdo con el presupuesto asignado a dicho rubro (o disciplina) en ese año. Así al rubro (o disciplina) con el máximo presupuesto se le asigna el número 1 en ese año, al siguiente rubro (o disciplina) se le asigna el número 2 en ese año; y así sucesivamente hasta el rubro (o disciplina)  $n$ . En el cuadro 1.9 se muestran las jerarquías anuales asignadas a los 14 rubros considerados por Ardila y Londoño durante 7 años.

En tercer lugar, se asigna un puntaje anual a cada rubro (o disciplina) de la siguiente manera. En cada año: al rubro (o disciplina) con la jerarquía número 1 se le da un puntaje de  $n$ , al rubro (o disciplina) con la jerarquía número 2 se le da un puntaje de  $n-1$ , y así sucesivamente hasta asignar un puntaje de 1 al rubro (o disciplina) con la  $n$ -ésima jerarquía en el año en cuestión.

Finalmente, para cada rubro (o disciplina), se suman los puntos de cada año para obtener su puntaje definitivo durante el período analizado. El puntaje de cada rubro (o disciplina) determina la prioridad del mismo. Así el rubro (o disciplina) con mayor puntaje es al que se le asignó la mayor prioridad. Los puntajes y prioridades de los rubros considerados en Ardila y Londoño op. cit. se muestran en el cuadro 1.10.



CUADRO 1.9.  
JERARQUIAS ANUALES DE LA INVESTIGACION POR RUBROS EN EL I.C.A. \*

	J E R A R Q U I A A N U A L						
	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
<b>SECTOR AGRICOLA:</b>							
Cereales	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(3)
Fibras textiles	(14)	(11)	(11)	(7)	(12)	(13)	(13)
Raíces y tubérculos	(11)	(8)	(5)	(7)	(8)	(7)	(7)
Leguminosas y oleaginosas	(9)	(10)	(14)	(7)	(9)	(8)	(10)
Hortalizas y frutales	(7)	(7)	(9)	(6)	(6)	(6)	(12)
Cultivos industriales	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(4)	(4)
Pastos y forrajes	(8)	(9)	(7)	(12)	(11)	(12)	(11)
Disciplinas de apoyo	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
<b>SECTOR PECUARIO:</b>							
Bovinos (carne)	(6)	(6)	(5)	(8)	(5)	(9)	(6)
Bovinos (leche)	(4)	(5)	(6)	(5)	(7)	(5)	(5)
Aves	(13)	(12)	(12)	(10)	(13)	(11)	(8)
Porcinos	(10)	(13)	(14)	(11)	(10)	(10)	(9)
Ovinos y caprinos	(12)	(14)	(13)	(14)	(14)	(14)	(14)
Disciplinas de apoyo	(5)	(4)	(4)	(4)	(4)	(3)	(2)

\* La jerarquía aumenta conforme el número entre paréntesis aumenta  
FUENTE: Ardila y Londoño (1976). Tabla 17





**CUADRO 1.10**  
**PRIORIDADES DE INVESTIGACION POR RUBROS EN EL I.C.A.**  
**DURANTE EL PERIODO 1969-1975**

---

	PUNTAJE	PRIORIDAD
Disciplinas de apoyo (agricola)	98	(1)
Cereales	90	(2)
Cultivos industriales	82	(3)
Disciplinas de apoyo (pecuaria)	79	(4)
Bovinos (leche)	68	(5)
Bovinos (carne)	60	(6)
Hortalizas y frutales	52	(7)
Raíces y tubérculos	49	(8)
Leguminosas y oleaginosas	40	(9)
Pastos y forrajes	35	(10)
Porcinos	28	(11)
Aves	26	(12)
Fibras textiles	18	(13)
Ovinos y caprinos	10	(14)

---

FUENTE: Ardila y Londoño (1976); Tabla 17



## 5. Priorización multidimensional.

En esta sección se discuten dos métodos que priorizan la investigación agropecuaria, por productos o áreas temáticas, al considerar varios criterios o varios aspectos de un problema simultáneamente, como se verá a continuación.

### 5.1. Priorización bidimensional.

Chaparro et. al. (1981) y Montes (1982) discuten sobre la jerarquización bidimensional de la investigación agrícola por rubros, en el sentido que se consideran dos criterios simultáneamente (sin establecer a partir de ellos una sola medida, como en el método de escoring). Para el caso de Colombia, que es el analizado en los dos trabajos mencionados, se establece un enfoque de economía abierta

"en donde la asignación de recursos se basa en la ventaja comparativa y ... (la) ... autosuficiencia alimentaria, en el contexto del mercado mundial. Este enfoque considera ... (explícitamente) ... las distorsiones existentes en la economía (tales como crédito subsidiado, salarios mínimos, tarifas, subsidios, etc.) las cuales ejercen una influencia fundamental en la asignación de recursos" (Chaparro et. al. op. cit. pág. 28).

De esta manera los dos criterios simultáneamente utilizados para establecer prioridades de investigación son: el de ventaja comparativa; y, el de autosuficiencia alimentaria. Entre mayor sea la ventaja comparativa o mayor sea la importancia en la dieta de la población de un producto, mayor será la prioridad asignada a la investigación en dicho producto.

En un contexto de economía abierta, un país tiene ventaja comparativa en determinada actividad si la rentabilidad social



neta en la producción de una unidad adicional es positiva. En la práctica la ventaja comparativa de la actividad  $i$  puede medirse comparando dos indicadores: el costo doméstico de los recursos en la actividad  $i$ , ( $CDR_i$ ); y, el precio sombra de la divisa (PSD).

El  $CDR_i$  de la actividad  $i$  es una medida del costo social de oportunidad de generar, mediante exportaciones o al sustituir importaciones, una unidad de la divisa en dicha actividad (véase Pearson et. al. pág. 130). En otras palabras el  $CDR_i$  mide -a precios sombra- la eficiencia en transformar, mediante el comercio internacional, recursos domésticos en moneda extranjera en la actividad  $i$ .

Por otra parte, el precio sombra de la divisa (PSD) mide cuantos recursos domésticos requiere la economía, como un todo, para generar una unidad de moneda extranjera.

Así pues, el país tiene ventaja comparativa en la actividad  $i$  si el  $CDR_i$  es menor que el PSD, es decir si el coeficiente de ventaja comparativa,  $CDR_i / PSD$ , es menor que uno. Entre menor sea este coeficiente mayor es la ventaja comparativa de la actividad  $i$ .

Por otra parte, para medir el criterio de autosuficiencia alimentaria se utiliza un indicador que refleja la importancia en términos de la oferta que debe ser garantizada por el país. Al respecto, se estableció como indicador la participación que tienen los alimentos estudiados en el presupuesto familiar. Para productos alimenticios que son empleados como materia prima en procesos industriales (e. g. soya para aceite), se calculó la



participación del producto en la estructura de costos del producto industrializado. Para obtener la participación que tiene el alimento en cuestión en el gasto familiar se multiplicó el último número por la participación del alimento industrializado en el presupuesto familiar.

Con base en las consideraciones anteriores, se puede establecer un criterio para clasificar los productos agropecuarios -con miras a establecer prioridades de investigación- en cuatro tipos, como se muestra en el siguiente diagrama.

---

II

- SIN VENTAJA COMPARATIVA

- ALTA PARTICIPACION EN  
- PRESUPUESTO FAMILIAR

I

- CON VENTAJA COMPARATIVA

- ALTA PARTICIPACION EN  
- PRESUPUESTO FAMILIAR

---

III

- SIN VENTAJA COMPARATIVA

- BAJA PARTICIPACION EN  
- PRESUPUESTO FAMILIAR

IV

- CON VENTAJA COMPARATIVA

- BAJA PARTICIPACION EN  
- PRESUPUESTO FAMILIAR

---

Al aplicar esta clasificación a una serie de productos, de acuerdo con su ventaja comparativa y la proporción del gasto familiar, Chaparro et. al. obtiene la clasificación que se muestra en la figura 1.5. En ésta se mide la ventaja comparativa en el eje horizontal por el indicador: 1 - coeficiente de ventaja comparativa. De esta manera los productos con (sin) ventaja se





---

leche (5.94)  
pan (trigo) (3.27)  
maíz (1.49)

carne de res (9.86)  
papa (4.55)  
arroz (3.57)  
aceite vegetal (soya,  
palma, algodón, ajojolí)  
(3.4)  
panela (2.01)  
huevos (1.8)  
cacao (1.71)

cuadrante II

Cuadrante I

< - - - - 1.5 % - - - - >

- - - - - 1.5 % - - - - - >

fruta (1.21)  
pasta (trigo) (1.09)  
frijoles y lentejas (0.80)  
arvejas (0.80)  
plátano (0.74)  
yuca (0.61)  
avena (0.25)

algodón  
banano (1.24)  
café (1.19)  
azúcar (1.01)  
tabaco  
flores

Cuadrante III

Cuadrante IV

---

Figura 1.5. Fuente: Chaparro et. al. Research priorities and resource allocation in agriculture: the case of Colombia. IDRC-IFARD. 1981.



localizan a la derecha (izquierda) del eje vertical. Entre mayor sea la ventaja más a la derecha se encuentra el producto.

Por otra parte, en esta misma figura 1.5, la participación en el gasto familiar de cada producto considerado se mide en el eje vertical. El punto de corte que divide a los cuadrantes superiores e inferiores se localiza en 1.5% del gasto familiar. La participación de cada producto se indica entre paréntesis. Los datos que presentan los autores sobre ventaja comparativa son subjetivos por no tener disponible información cuantitativa al respecto.

Al asignar prioridades, de acuerdo con los criterios establecidos, a la investigación en los productos de cada cuadrante, resulta que la investigación en los productos que se localizan en el cuadrante I tiene la más alta prioridad; mientras que tiene la mínima prioridad para los productos del cuadrante número III.

Por otra parte, existe un canje ("trade-off") entre los productos de los cuadrantes II y IV. Si, por ejemplo, los objetivos del gobierno enfatizan más la autosuficiencia alimentaria que la promoción de exportaciones, entonces la investigación en los productos del cuadrante II tiene mayor prioridad que la investigación en los del cuadrante IV.

Cabe mencionar que este enfoque también provee sugerencias sobre la manera en que debe financiarse la investigación en los diversos productos. Como ya se mencionó antes, la investigación en productos con baja elasticidad-precio de la demanda, por lo



general y en términos relativos, benefician más a consumidores que a productores; por consiguiente la investigación en ellos debería ser financiada por el gobierno. Mientras que la investigación en los de alta elasticidad beneficia relativamente más a los productores, por consiguiente la investigación en estos últimos debería de ser financiada por el sector privado. Por lo general los productos con mayor participación en el gasto familiar (que se asignan a los cuadrantes I y II) tienen una mayor elasticidad-precio de la demanda que los de baja participación en el presupuesto familiar (que se asignan a los cuadrantes III y IV). Así pues la investigación en los productos de los cuadrantes I y II deberían de ser financiados por el gobierno, mientras que la investigación en los productos de los cuadrantes III y IV, debería de ser financiada por el sector privado.

### 5.2. Priorización tridimensional.

Otro modelo multidimensional para asignar prioridades de investigación agrícola que toma en cuenta al producto, el problema específico y la región donde el cultivo o producción presenta dicho problema se presenta en Chaparro et. al. (op. cit., sección 4.) y se discute a continuación. Este modelo se puso en práctica en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para planificar la investigación en disciplinas agropecuarias.

La idea central es definir una matriz tridimensional (i.e. de tres variables) en la que cada celda (o punto) de la matriz



proporciona información sobre tres aspectos —que definen un tópico o proyecto de investigación, a saber: 1) el nombre del producto, 2) uno de los problemas que limitan (o restringen) su producción; y, 3) la zona en la que se localiza la producción del bien en cuestión afectada por el problema mencionado en 2).

Respecto a la funcionalidad de esta matriz, cabe mencionar que "permite relacionar diferentes productos agrícolas con restricciones tecnológicas específicas, bajo ciertas condiciones ambientales que definen zonas ecológicas ...Cada celda ... define una área o tópico de investigación ...(relacionado con) ...una restricción tecnológica (o problema en la producción) que restringe el nivel de productividad de un producto determinado, en una región o zona ecológica identificada". (Chaparro et. al. pág. 52).

El formato que tiene la matriz en cuestión se presenta en la figura 1.6. Para llenar la información de cada celda se requiere realizar los pasos que se describen enseguida.

Primeramente, los productos de interés deben ser seleccionados.

En segundo lugar, se requiere dividir el país (o área de interés) en regiones o zonas ecológicamente homogéneas y caracterizarlas por medio de: a) parámetros físicos o ambientales (e.g. tipos de suelos, niveles de precipitación, rangos de temperaturas, humedad, etc.); b) características socio-económicas; c) sistemas de producción; d) servicios existentes (e.g. crédito, asistencia técnica, etc).

En tercer lugar, los principales problemas o restricciones tecnológicas, que tienen un impacto negativo o limitante sobre la producción, deben ser identificados. Para esto se determinaron los principales factores que intervienen en





P R O D U C T O S CONSIDERADOS	RESTRICCIÓN 1			.....			RESTRICCIÓN s		
	Zona 1	... m	Zona 1	Zona 1	... n	Zona n	Zona 1	... m	Zona m
Producto 1									
...									
Producto i									
...									
Producto n									

figura 1.6. Matriz para establecer prioridades



el proceso productivo 8 en el caso de cultivos y 6 en el caso de especies animales. Así mismo, se determinaron las disciplinas agronómicas relacionadas con cada factor. Para cada producto se identificaron restricciones tecnológicas -en términos de los factores considerados, y las respectivas disciplinas asociadas- bajo las condiciones ambientales que caracterizan cada zona homogénea ecológica. Cabe mencionar, que los problemas identificados varían de producto a producto y de región a región, aunque una misma restricción (e.g. prevalencia de cierta plaga) podría afectar a varios productos en diferentes regiones. Por otra parte, no todas las celdas de la matriz que se presenta en la figura 1.6 contienen información ya que, por ejemplo, cierto problema no se presentaría en ciertas regiones o ciertos productos.

#### Determinación de prioridades.

A partir de cada celda con información -sobre la restricción tecnológica del producto y la región en cuestión- se procedió a plantear tópicos o proyectos de investigación que podrían contribuir a remover la restricción tecnológica en consideración. La prioridad (o importancia) de tales tópicos se determinó por varios equipos de expertos especializados en ciertos productos o disciplinas, haciendo uso de la técnica Delphi.

Cada equipo de expertos agrupado por producto tenía conocimiento de: la matriz de la figura 1.6.; y, de un resumen del estado de las artes para cada producto, preparado de



antemano.

Para asignar prioridades de investigación al tópico de asociado a cada celda: cada grupo determinó la importancia y naturaleza de la restricción tecnológica que afecta al producto en cuestión en determinada región, mediante los dos indicadores,  $\alpha$  y  $\beta$ , que se discuten en seguida.

Se asignó el número  $\alpha$  ( $\alpha = 1, 2, \dots, 10$ ) a la restricción tecnológica considerada (para el producto y condiciones ambientales específicas), en términos de su impacto sobre los niveles de producción o productividad del bien en cuestión. Dicho número  $\alpha$  está estrecha y positivamente asociado con la demanda de conocimiento.

Por otra parte, se asignó el número  $\beta$  ( $\beta = 1, 2, \dots, 10$ ) a la oferta o disponibilidad de conocimiento técnico ("know-how") que puede ser utilizado, efectivamente, para resolver o reducir a niveles adecuados el impacto u obstáculo generado por la restricción tecnológica del producto y zona considerada. El indicador  $\beta$  aumenta a medida que aumenta el conocimiento disponible.

El rango de cada indicador fue dividido en las siguientes tres categorías: 1ª) bajo, de 1 a 3; 2ª) medio, de 4 a 6; y, 3ª) alto, de 7 a 10.

Finalmente, la prioridad de cada tópico o proyecto de investigación asociado a cada celda con información fue determinado de acuerdo con la relación entre la "importancia percibida" de la restricción tecnológica,  $\alpha$ , y la oferta de



("know-how") disponible para resolverla,  $\beta$ . Más precisamente, las prioridades fueron clasificadas en tres niveles -alto, medio y bajo- de acuerdo con el cociente  $\alpha / \beta$ , de la siguiente manera:

-----	$\alpha / \beta$	-----
Alta prioridad	Prioridad media	Baja prioridad
si $\alpha > \beta$ :	si $\alpha = \beta$ :	si $\alpha < \beta$ :
medio / bajo	bajo / bajo	bajo / medio
alto / bajo	medio / medio	bajo / alto
alto / medio	alto / alto	medio / alto

Un argumento que justifica de esta asignación de prioridades es el siguiente.

Si  $\alpha > \beta$ , entonces se tiene, en términos relativos, una restricción tecnológica significativa y consecuentemente una alta demanda de tecnología; sin embargo, no se cuenta con suficiente conocimiento para remover dicha restricción. Por consiguiente, se requiere realizar un esfuerzo para generar nuevo conocimiento que contribuya a remover las limitaciones que impone dicha restricción. Por otra parte, cuando  $\alpha < \beta$  la restricción es poco significativa y se cuenta con suficiente conocimiento ("know-how") para resolverla. Por tanto no se requiere de un gran esfuerzo para remover la restricción (aunque, tal vez, lo que se requiere más bien es transferir tecnología al agricultor). Cuando no se tiene ninguno de los casos anteriores, i.e.  $\alpha = \beta$ , se considera que la investigación tiene una prioridad media.





## 6. Priorización y asignación de recursos mediante el método de programación matemática.

El método de programación matemática, presentado en el artículo de Russell (1975), no solo establece prioridades de investigación, sino además asigna -explícitamente- recursos a una serie de proyectos de investigación considerados todos a la vez.

### Función objetivo.

Las asignaciones de prioridades y de recursos se establecen con miras a maximizar, bajo ciertas restricciones, una función objetivo que depende de ciertos criterios, consistentes con un objetivo final y global, a saber:

"Producir los bienes (dentro de las fronteras de la investigación agrícola) que se requieren para permitir alcanzar un estado ideal de bienestar social" (Russell op. cit. pág 34)

La función objetivo se define de manera similar a la del método de scoring, ecuación (1.11). En el trabajo de Russell esta función se concibió dependiente de 9 criterios (también denominados metas, "goals") agrupados en tres categorías, a saber: consumo, seguridad y equidad.

Las metas (o criterios) relacionados con el objetivo final de la investigación agrícola a través del consumo fueron: 1) el incremento en la cantidad producida; 2) el incremento en la calidad (e.g. valor nutritivo); y, 3) el incremento en la disponibilidad.

Las metas elegidas y relacionadas con el incremento de la seguridad -que tiene que ver con la reducción de amenazas a la sociedad, tales como accidentes, enfermedades; la "protección del



"sistema económico"; la protección de fuentes de abastecimiento de alimentos necesarios para la sobrevivencia- fueron las siguientes: 4) el incremento en la seguridad humana; 5) la contribución a la defensa económica, en términos de mejorar la balanza de pagos y reducir la dependencia externa; 6) incremento de la seguridad de las fuentes de abastecimiento de alimentos; y, 7) conservación del medio ambiente.

Finalmente, se consideraron las siguientes metas relacionadas con el objetivo final de la investigación agrícola a través de la equidad: 8) la distribución del consumo y riqueza generados; y, 9) los derechos individuales.

Desde luego que para medir la contribución (o utilidad) de cada proyecto de investigación al objetivo final se requiere proponer, junto con cada criterio, unidades de medición para cuantificar la contribución de dicho proyecto a cada criterio por separado.

Así pues si  $G_j$  representan las unidades de medición del criterio  $j$  (con  $j = 1, \dots, m$ ) y la función objetivo  $Z$  consiste, como en el método de escoring, de un promedio ponderado de la contribución de los  $m$  criterios, con pesos relativos  $w_j$ , entonces:

$$(1.12) \quad Z = \sum_j w_j \cdot G_j, \quad \text{con } \sum_j w_j = 1.$$

Si se utilizan los criterios mencionados arriba entonces  $m = 9$ . Cabe señalar que el valor de cada  $w_j$  se establece subjetivamente.

Conviene mencionar que los 9 criterios considerados por



Russell como relevantes para evaluar la investigación agrícola, podrían no serlo para otros investigadores con otro sistema de valores. También el método podría tratar de aplicarse con otra lista de criterios, como los expuestos en el método de scoring. Sin embargo, se mencionan estos 9 criterios para ilustrar la aplicación del método de programación matemática a la asignación de recursos a la investigación.

#### Establecimiento de prioridades.

Una vez que se ha especificado la función objetivo, se discute como se establecen prioridades, y se asignan recursos, a una serie de  $n$  proyectos de investigación agrícola.

Cada proyecto  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) requiere de un nivel mínimo de financiamiento  $R_i$ , especificado en la propuesta del mismo, para obtener resultados satisfactorios. No obstante, el proyecto  $i$  puede recibir un financiamiento,  $P_i$ , menor que  $R_i$ , es decir  $0 \leq P_i \leq R_i$ . Si  $P_i = 0$  el proyecto  $i$ -ésimo no se lleva a cabo.

Dadas las  $m$  metas que definen a la función objetivo (1.12), se denota por  $A_{j,i}$  al número de unidades de utilidad con las que el proyecto  $i$ -ésimo contribuye a la meta  $j$  cuando el primero se financia totalmente, al nivel  $R_i$ . Así pues  $A_{j,i} / R_i$  representa la contribución del proyecto  $i$  a la meta  $j$  por cada dólar gastado en el mismo; y por lo tanto  $(A_{j,i} / R_i)P_i$  es la contribución del proyecto  $i$ -ésimo a la meta  $j$ , cuando el primero se financia al nivel  $P_i$ . En virtud de lo anterior y la ecuación (1.12) sigue que,

$$(1.13) \quad Z = \sum_j w_j G_j^1, \quad \text{con } G_j^1 = A_{j,i}$$



representa la contribución del proyecto  $i$  al objetivo final, cuando es financiado totalmente, al nivel  $R_i$ . Como en el método de scoring, los proyectos  $1, 2, \dots, n$  se pueden jerarquizar de acuerdo con su contribución al objetivo final.

Sin embargo, el método de programación matemática es mucho más general puesto que no solo puede ordenar los proyectos individualmente (mediante la ecuación (1.13)), sino además tiene la capacidad de considerarlos simultáneamente, como un "paquete" de proyectos, y elegir una combinación óptima de ellos. Como se verá a continuación.

#### Asignación de recursos.

Si ahora se representa a cada proyecto  $i$  por su nivel de financiamiento,  $P_i$ , entonces el paquete que consta de  $n$  proyectos, cada uno financiado al nivel  $P_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), se puede representar por:  $(P_1, P_2, \dots, P_n)$ . En particular el proyecto  $i$  financiado al nivel  $P_i$  se representa por el paquete  $(P_i, 0, \dots, 0)$ .

Adicionalmente, ya que cada proyecto  $P_i$  contribuye a la meta  $j$  con  $(A_{ji} / R_i)P_i$  unidades, la contribución del paquete  $(P_1, \dots, P_n)$  a la meta  $j$ -ésima, denotada por  $G_j(P_1, \dots, P_n)$ , está dada por

$$G_j(P_1, \dots, P_n) = \sum_i (A_{ji} / R_i)P_i,$$

así pues, de acuerdo con la ecuación (1.12), la contribución del paquete  $(P_1, \dots, P_n)$  al objetivo global que es un promedio ponderado de las contribuciones  $G_j(P_1, \dots, P_n)$ , con pesos relativos  $w_j$ , y está dada por





$$Z = \sum_j w_j G_j(P_1, \dots, P_n).$$

En virtud de las anteriores consideraciones, la asignación de óptima de recursos se obtiene al resolver el siguiente problema de programación lineal, que consiste en elegir el (los) paquete (s) que:

$$(1.14) \text{ Maximiza } Z = \sum_j w_j G_j(P_1, \dots, P_n),$$

elegido de todos los paquetes que satisfacen:

$$(1.15) G_j(P_1, \dots, P_n) = \sum_i (A_{ji} / R_i) P_i,$$

$$(1.16) \sum_i P_i \leq R_T, \text{ con } R_T = \sum_i R_i, \text{ y}$$

$$(1.17) 0 \leq P_i \leq R_i.$$

#### Ejemplo.

Para ilustrar el tipo de soluciones que se obtienen con este método se considera el siguiente ejemplo con tres metas ( $m = 3$ ) y dos proyectos ( $n = 2$ ). El ejercicio consiste en maximizar la función

$$(1.18) Z = w_1 G_1 + w_2 G_2 + w_3 G_3,$$

sujeta a:

$$G_j = (A_{j1} / R_1) P_1 + (A_{j2} / R_2) P_2, \quad j = 1, 2, 3.$$

$$R_1 + R_2 \leq R_T$$

$$0 \leq P_i \leq R_i, \quad i = 1, 2.$$

Entonces, al sustituir los  $G_j$ s en (1.18), la función objetivo queda expresada por

$$(1.19) Z = (w_1 (A_{11} / R_1) + w_2 (A_{21} / R_1) + w_3 (A_{31} / R_1)) P_1 \\ + (w_1 (A_{12} / R_2) + w_2 (A_{22} / R_2) + w_3 (A_{32} / R_2)) P_2.$$

Los coeficientes de  $P_1$  y  $P_2$  representan las contribuciones al objetivo final, por cada dólar gastado, de los proyectos 1 y



2, respectivamente.

La función objetivo (1.19) se representa por la línea recta  $Z$  en el plano  $P_1$ - $P_2$  como se ilustra en la figura 1.7. Dicha función aumenta su valor conforme la línea  $Z$  se desplaza a la derecha.

Dada la región factible que se muestra en la figura 1.7., como el área limitada por los vértices  $OABCD$ , el problema de maximización consiste, en este caso, en elegir la línea recta que este más a la derecha y que toque por lo menos un punto de la región factible. Se sabe que la solución (si es finita) de un problema de programación lineal (Hadley 1961) debe de estar en uno de los vértices. La solución está sobre el vértice  $C$ , en el caso que se ilustra en la figura 1.7.; y consiste en el paquete  $(R_1, P_2^*)$ , es decir el proyecto 1 se financia totalmente, al nivel  $R_1$ ; y el proyecto 2 parcialmente al nivel  $P_2^*$ .

Note que las soluciones que se obtienen al problema planteado en este ejemplo dependen de la pendiente de la recta  $Z$ ; y además, existen tres tipos de soluciones. En efecto, si la contribución total, por cada dólar gastado, del proyecto 1 es mayor, menor o igual, que la del proyecto 2. Entonces, la pendiente de la recta  $Z$  también es, respectivamente, mayor, menor o igual a la del segmento de recta que pasa por  $BC$ , en la figura 1.7.; por consiguiente las soluciones están, respectivamente: 1) sobre el vértice  $C$ ; 2) sobre el vértice  $B$ ; y 3) en cualquier punto del segmento de recta  $BC$ .



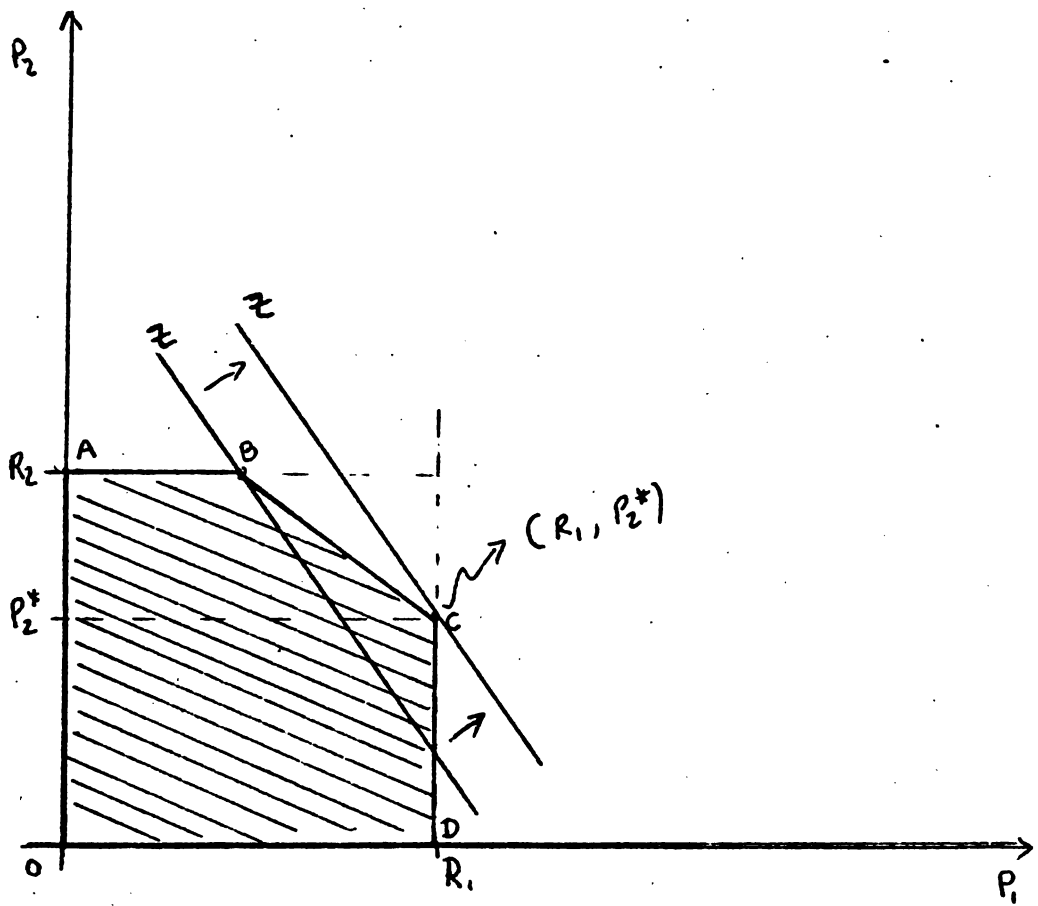


Figura 1.7.



### Soluciones Generales.

Las soluciones del problema de programación lineal (1.14)-(1.17) se obtienen por algoritmos de computación. Dichas soluciones incluyen tres tipos de proyectos, a saber:

- 1) los seleccionados para ser financiados totalmente, al nivel recomendado,  $P_i = R_i$ ;
  - 2) los proyectos que son rechazados,  $P_i = 0$ ; y
  - 3) los proyectos seleccionados para ser financiados parcialmente,  $P_i < R_i$ .
- En la práctica el último tipo de proyectos utilizan la diferencia del total de recursos y los recursos asignados a proyectos que son financiados totalmente. Cuando la solución óptima indica que un proyecto  $i$  solo debe de ser financiado parcialmente, este puede incluirse (financiado al nivel  $R_i$ ) o rechazarse después de hacer "pequeñas" modificaciones al límite de recursos totales  $R_T$ .

FECHA DE DEVOLUCION

19 MAR. 2001		
30/7/03		

IICA  
A50-235

Autor

Título Métodos utilizados en la priorización de la investigación agropecuaria

Fecha Devolución

Nombre del solicitante

19 MAR. 2001

J. Ardila





