



You have either reached a page that is unavailable for viewing or reached your viewing limit for this book.



You have either reached a page that is unavailable for viewing or reached your viewing limit for this book.



You have either reached a page that is unavailable for viewing or reached your viewing limit for this book.



METODOS Y MODELOS PARA PRIORIZAR LA INVESTIGACION AGROPECUARIA

Héctor Medina Castro



PROYECTO HEMISFERICO DE CAPACITACION E INFORMACION PARA LA ORGANIZACION
Y GESTION DE INSTITUCIONES DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA

PROYECTO HEMISFERICO SOBRE DESARROLLO INSTITUCIONAL DE LA INVESTIGACION
Y LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA

PROGRAMA II: GENERACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

Copyrighted material

SERIE PUBLICACIONES
MISCELANEAS

ISSN-0534-5391
A1/SC-91-14

Junio, 1991
San José, Costa Rica

"Las ideas y planteamientos contenidos en los artículos firmados son propios del autor y no representan necesariamente el criterio del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura".



IICA
PM - CR - A1
SC - 74
1997

AGRADECIMIENTO:

La realización de este texto representa la culminación de un proceso, que fue posible por el apoyo, guía inicial, comentarios críticos y sugerencias de: Jorge Ardila, Eduardo Lindarte y Eduardo Trigo; y también en la etapa final Enrique Alarcón.

En particular, las sugerencias de Eduardo Lindarte contribuyeron a mejorar el contenido y presentación de la última versión del texto.

This One



XKK4-3JW-9RSA

Copyrighted material

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	7
1.1. Consideraciones preliminares	7
1.2. Estructura del texto	10
2. PRIORIZACION MEDIANTE EL METODO DE PUNTAJES O "ESCORING"	13
2.1. Priorización de rubros de producción y disciplinas	13
2.2. Priorización de regiones	21
2.3. Priorización de proyectos	22
2.4. Recolección de datos e implementación de modelos	23
3. PRIORIZACION MEDIANTE EL ANALISIS DE COSTO-BENEFICIO	29
3.1. Conceptos y definiciones preliminares	29
3.2. Modelos de excedentes económicos	32
3.3. Modelos de excedentes económicos implícitos	36
3.4. Modelos con base en la función de producción	39
3.5. Priorización mediante indicadores de rentabilidad	40
3.6. Recolección de datos e implementación de modelos	42
4. METODOS UNIDIMENSIONALES DE PRIORIZACION	55
4.1. Modelo de congruencia o "paridades"	55
4.2. Priorización según ventaja comparativa	56
4.3. Priorización con miras a mejorar el estado nutricional	58
4.4. Priorización implícita	61
4.5. Priorización de problemas de un solo producto	62
4.6. Recolección de datos e implementación de modelos	63
5. METODOS MATEMATICOS DE PRIORIZACION	77
5.1. Priorización mediante el modelo de programación lineal	77
5.2. Recolección de datos e implementación del modelo	82
6. COMPARACION DE MODELOS Y COMENTARIOS FINALES	87
6.1. Comparación de modelos de prioridades de investigación	87
6.2. Comentarios finales	89
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	93
ANEXO 1	96
ANEXO 2	109
ANEXO 3	111

1. INTRODUCCION

Este trabajo tiene como objetivo principal servir de texto sobre métodos y modelos relevantes para priorizar actividades de investigación agropecuaria (IA); está dirigido a investigadores, administradores, economistas y profesionales involucrados con la planificación, administración y/o asignación de recursos de IA. También, aquí se sintetiza una serie de trabajos desarrollados en el Programa II: Generación y Transferencia de Tecnología del IICA, sobre Prioridades de Investigación Agropecuaria (PIAs); Medina Castro (1988a, 1988b, 1989).

1.1. Consideraciones preliminares

1.1.1. Definiciones y conceptos

Las actividades de investigación agropecuaria (IA) requieren recursos físicos, humanos y operativos; tales como estaciones experimentales, laboratorios, personal especializado y tiempo. Así la IA puede verse como una actividad económica que requiere recursos escasos (i.e. limitados).

Visto con una óptica de racionalidad económica -sin olvidar la serendipidad de la investigación- los recursos destinados a la IA pueden asignarse entre diferentes alternativas, de manera que los beneficios sociales ¹ esperados alcancen el máximo nivel posible.

La asignación de recursos entre diferentes alternativas de IA puede verse como un proceso que, formalmente, consta de los siguientes pasos, no siempre claramente distinguibles: (1) elección de un método; (2) evaluación de beneficios potenciales de diferentes alternativas de IA, mediante el método elegido; (3) priorización de las alternativas en cuestión; y (4) asignación de recursos entre las mismas.

En la práctica no siempre se dan todos estos pasos y el proceso puede darse de manera informal, en casos extremos los recursos pueden asignarse "abruptamente", en un solo paso y con un objetivo implícito. También, al utilizar modelos formales (por ej. modelos de programación lineal) los pasos (3) y (4) pueden reducirse a uno solo.

Aunque un ejercicio de priorización de la IA puede desarrollarse de manera aislada, se potencializa más cuando se realiza al interior, de manera complementaria o iterativamente con un ejercicio de planificación estratégica.

Al considerar las metodologías para establecer PIAs, también se requiere analizar algunos de los métodos para evaluar la IA y algunos para asignar recursos entre diferentes alternativas. Así pues, al considerar a la IA como una actividad económica, conviene tener presente y distinguir los conceptos de evaluación, priorización y asignación de recursos.

De acuerdo con Norton, Ganoza y Pomareda (1987) toda evaluación de la IA, con miras a asignar recursos, debe de considerar las siguientes tres preguntas:

¹ Los modelos que aquí se consideran se aplican al sector gubernamental, sin embargo son fácilmente adaptables al sector privado y en ese caso se consideraría el beneficio (o ganancia) privado.

- (1) "¿Cuáles son las posibilidades de avanzar en conocimiento o tecnología si se asignan recursos [...a la investigación...] de un producto, un problema o una disciplina particular?" (Ruttan 1982, p.263);
- (2) "¿Cuál es la demanda del nuevo conocimiento o tecnología?" (Norton *et. al.* (1987);
- (3) "¿Cuál es el valor social del nuevo conocimiento o nueva tecnología, si la investigación resulta exitosa?" (Ruttan 1982, p.263).

Respecto a la primera pregunta, corresponde a los científicos que investigan en el campo en cuestión dar respuestas con cierto grado de autoridad. Respecto a las dos últimas preguntas corresponde a economistas y administradores de IA el aplicar técnicas de análisis económico para dar respuestas válidas. En particular, respecto a la tercera pregunta, el método elegido para determinar el valor (o beneficio) social puede utilizarse total o parcialmente para priorizar y/o asignar recursos a la IA.

Visto como parte integral del proceso de asignar recursos, un método para establecer PIAs debe especificar, en primer lugar, las categorías (o alternativas) sujetas a priorización. Estas incluyen a las que típicamente se utilizan en los Institutos Nacionales de Investigación Agropecuaria de Latinoamérica para dar estructura a la organización de la investigación: (1) rubros de producción agrícola o pecuaria; (2) áreas de investigación (o disciplinas); (3) proyectos.

En segundo lugar el método debe proveer un criterio (i.e. una guía) junto con una escala de medición unidimensional que permitan evaluar el beneficio o valor social de cada categoría considerada, de donde se obtiene la priorización al ordenar las categorías de acuerdo con tal evaluación. Por ejemplo, el criterio podría constar de una función objetivo junto una escala de medición que permite determinar el grado que alcanza la función objetivo en cada categoría considerada; tal es el caso del método de "escoring", como se verá más adelante. Si la priorización se realiza "abruptamente", sobre categorías previamente definidas, el criterio y la escala quedan implícitos.

De acuerdo con el método que se utilice para priorizar, las unidades de las escalas consideradas incluyen: (1) puntajes; (2) medidas de rentabilidad, por ej. tasa interna de retorno; (3) niveles de adecuación a cierta regla o fórmula, por ej. reducción de deficiencia calórica generada por la IA en cierto producto; y, (4) niveles de la función objetivo.

Una priorización de la IA es un ordenamiento de las categorías consideradas para investigar y puede ser ordinal o cardinal; la primera solamente establece un orden; mientras que la segunda se deriva de una métrica asociada, que además de establecer un orden, permite determinar la importancia relativa de cada categoría, como cuando se prioriza la IA de productos en términos de la tasa interna de retorno (como en el capítulo 3).

Por otra parte, una asignación de recursos entre categorías de IA es una colección de números fijos que especifica las cantidades exactas de uno o más recursos correspondientes a cada categoría para realizar investigación. Un caso particular, frecuente en la práctica, de una asignación de recursos de IA sería la distribución de un presupuesto fijo entre varias alternativas (como el modelo del capítulo 5).

Mientras que una priorización es siempre unidimensional y establece la importancia de categorías; generalmente, pero no siempre, una asignación es multidimensional, y establece las diversas cantidades de recursos destinadas a las mismas.

Cuando se considera un solo recurso, como es un presupuesto fijo, una priorización establecida puede utilizarse como guía o instrumento para determinar asignaciones del recurso que son compatibles con dicha priorización, es decir asignaciones cuyos montos destinados a cada categoría respetan el orden de dicha priorización.

Desde luego (en el caso de un solo recurso), dada una priorización existen varias asignaciones compatibles con la primera; sin embargo, dada una asignación de un solo recurso entre varias categorías solo existe una priorización compatible con ésta, a saber: la que ordena las categorías en orden decreciente de acuerdo con el monto previamente asignado a cada una de ellas. En la figura 1.1. se muestra una priorización (1º, 2º,...) y una asignación compatible (monto x_2 al producto 2 que tiene el primer lugar, monto x_1 al producto 1 que ocupa el segundo lugar,...) de un presupuesto entre cinco productos.

Así pues, cuando solo hay un recurso en consideración, una priorización de la investigación entre varias alternativas puede aceptar varias asignaciones compatibles y por lo tanto la asignación del recurso que finalmente se establece puede ser resultado de una elección, o negociación entre los agentes involucrados.

Es conveniente enfatizar que -con miras a maximizar el beneficio social y cuando solo hay un recurso, pero otras variables en consideración- no siempre es óptimo asignar el recurso entre alternativas de IA en el mismo orden en que se han establecido las PIAs.²

Aunque la priorización de la IA y la asignación de recursos están íntimamente ligadas, no siempre están del mismo lado de la ecuación; éstas más bien deben verse como parte de un proceso, en el que la evaluación derivada del método elegido juega un papel crucial.

1.1.2. Usuarios potenciales de métodos y modelos de priorización.

Cuando se establecen PIAs al interior o como complemento de un plan nacional de investigación agropecuaria, éstas se pueden establecer en varias etapas y a varios niveles de precisión para satisfacer los objetivos del plan. En la práctica, la relación entre el plan y el establecimiento de PIAs constituye un proceso iterativo (... , prioridades, plan, reformulación de prioridades,...) en el que se intercambia información entre varios agentes a todos los niveles jerárquicos (Contant y Bottomley, 1988); además, en este proceso, pueden verse involucrados diferentes generaciones de modelos de PIAs. En este contexto conviene, desde ahora, identificar a posibles usuarios involucrados en la utilización de modelos de prioridades y asignación de recursos.

² Un ejemplo de lo anterior sería el caso en el que se establecen una priorización de la IA según rubros de producción con el método de scoring (capítulo 2) y posteriormente se analiza la oferta de tecnología (por ej. conocimiento disponible) y demanda de tecnología (problemas a resolver) de cada rubro. La oferta de un rubro prioritario puede ser abundante y también su demanda, por lo que no debe destinarse un alto presupuesto a la IA de ese rubro, sino más bien a la transferencia de tecnología.

Se considera que básicamente en los países latinoamericanos, existen cuatro organismos gubernamentales involucrados (directa o indirectamente) en la asignación de recursos a la investigación agropecuaria -el organigrama típico se ilustra en la figura 1.2.

En un primer nivel se ubica a los ministerios de finanzas (MF) y de agricultura y ganadería (MAG). El primero sería -dados una serie de factores exógenos incluyendo los objetivos globales del sector gubernamental- directamente responsable de asignar el presupuesto gubernamental del sector agropecuario, con cierto grado (variable de país a país) de participación del MAG.

Por otra parte, en ese primer nivel, el MAG y/o el MF estarían involucrados en asignar el presupuesto del sector agropecuario a diferentes rubros, incluyendo el de investigación y extensión.

En un segundo nivel el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) -de acuerdo con las directrices o de manera descentralizada de los MF y MAG- tendría un papel fundamental (no necesariamente único) en distribuir el presupuesto asignado a la IA (que podría incluir fondos externos) a diferentes rubros de IA; en esta última asignación podrían intervenir algunas de las estaciones experimentales del INIA.

En un tercer nivel se ubicarían las estaciones experimentales del INIA que podrían tener cierto grado (variable) de discrecionalidad para asignar recursos proporcionados en primer término por el INIA, y en algunos casos por organismos internacionales o privados, a la IA de distintos rubros de producción, disciplinas y/o proyectos.

De acuerdo con esta descripción, y en la medida que los MF's y MAG's solo asignan presupuestos al sector agropecuario en forma agregada, puede deducirse que los principales usuarios de modelos de priorización serían los INIA's de diversos países latinoamericanos. Sin embargo, los modelos también proveen información que los INIA's pueden utilizar para negociar presupuestos futuros con (principalmente) los respectivos MAG's, pero también directamente (o a través de los MAG's) con los MF's.

De esta manera, se identifica a los INIA's y MAG's como principales usuarios de los modelos. No obstante, los modelos que priorizan a niveles más específicos (por proyectos o tecnologías) también proveen información de utilidad a las estaciones experimentales, para la asignación de sus recursos a la investigación.

Conviene señalar aquí que, en un contexto más global, los métodos y modelos de PIAS también dan información para legitimar e institucionalizar (ganar apoyo estable) la investigación y la asignación de recursos a la misma, en otras instancias gubernamentales y el público más general. Como tal, se hacen parte de una función de suministrar cuentas.

1.2. Estructura del texto

Los modelos que se discuten forman parte del acervo de la literatura de prioridades, evaluación y asignación de recursos de investigación agropecuaria, que ha sido revisado previamente principalmente por: Anderson y Parton (1983), Contant y Bottomley (1988), Medina Castro (1988), Norton y Davis (1981), Norton y Pardey (1987), Ruttan (1982) y Schuh and Tollino (1979) y Shumway (1977).

FIGURA 1.1. PRIORIZACION Y ASIGNACION COMPATIBLES

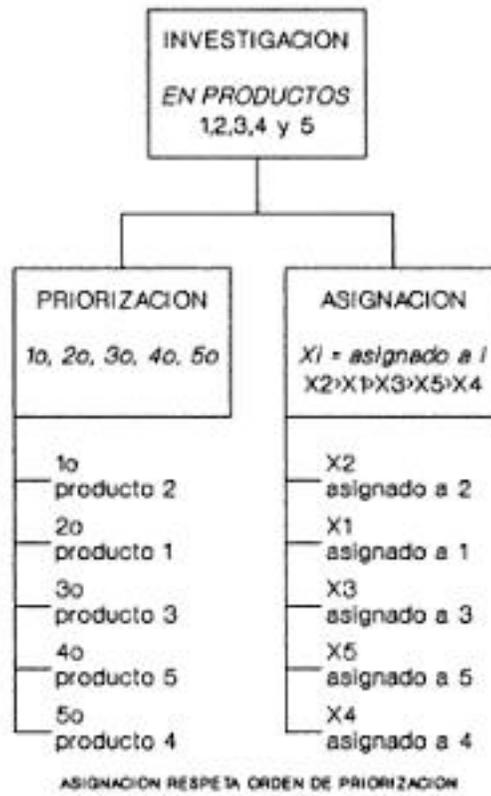


FIGURA 1.2. USUARIOS DE METODOS Y MODELOS DE PRIORIDADES DE INVESTIGACION



La presentación de métodos y modelos está estructurada de la manera que se indica a continuación. En el capítulo 2 se expone el método de puntajes o "escoring" con metas múltiples. En el capítulo 3 se describen modelos de priorización que se basan en el análisis de costo-beneficio. En el capítulo 4 se revisan modelos que priorizan la investigación agropecuaria con base en una meta principal. En el capítulo 5 se exponen modelos matemáticos, en particular el de programación lineal. Finalmente, en el capítulo 6 se comparan los principales modelos considerados y se presenta una serie de comentarios finales. En los anexos se presentan algunas extensiones y las formulaciones matemáticas de algunos modelos.

CAPITULO 2. PRIORIZACION MEDIANTE EL METODO DE PUNTAJES O "ESCORING"

Uno de los métodos ex-ante más ampliamente utilizado para priorizar la IA es el de puntajes o "escoring". Tal vez porque es relativamente fácil de aplicar, flexible, y considera simultánea y explícitamente varios criterios o variables que influyen en la jerarquización (y selección) de la IA.

Este método utiliza varios criterios -identificados con uno o más objetivos- asociados con respectivos ponderadores explícitos o implícitos, para obtener, mediante sumas ponderadas, puntajes o "escores" de las categorías de IA consideradas; los primeros se emplean para jerarquizar las últimas.

Las categorías de IA sujetas a priorización pueden incluir: (1) rubros de producción; (2) áreas de investigación o disciplinas agropecuarias; (3) regiones; y, (4) proyectos.

Aplicaciones del método de scoring para evaluar programas de investigación agropecuaria en Estados Unidos de América han sido discutidas en, por ejemplo: Shumway y McCracken (1975); Shumway (1977); Ruttan (1982, 1985). Aplicaciones del método de scoring para priorizar la IA en países en vías de desarrollo se presentan en, por ejemplo: Toro B. et.al. (1976); Gómez Quiroga et.al. (1977); CGIAR (1985); Norton y Pardey (1987), Medina Castro (1990).

2.1. Priorización de rubros de producción y disciplinas agropecuarias

Para jerarquizar la IA por rubros de producción o áreas de investigación de acuerdo con el método de scoring, se realizan básicamente los siguientes pasos:

Paso 1. Se listan todos los rubros de producción o áreas de investigación sobre los cuales se pretende establecer prioridades.

Paso 2. Se selecciona los objetivos y los criterios (o variables) que los representan. Los últimos se utilizan, simultáneamente, para establecer puntajes de los diferentes rubros o áreas de investigación.

Paso 3. A cada rubro o área i ($i = 1, \dots, n$) se le asigna un puntaje, x_{ij} , en el criterio o variable j ($j = 1, \dots, m$). n , y , m son los números de rubros o áreas, y, de variables, respectivamente.

Paso 4. Se asignan ponderadores, w_j ($j = 1, \dots, m$), a los diferentes criterios (o variables). El ponderador de cada criterio indica la importancia relativa que se le asigna respecto a los demás.

Paso 5. Finalmente, se determina un puntaje (o "ranking"), R , para cada rubro o área, i , de acuerdo con la fórmula siguiente

$$(2.1) \quad R = \sum_{j=1}^m w_j * x_{ij}, \quad \text{con} \quad \sum_{j=1}^m w_j = 1.$$

2.1.1. Elección de objetivos y criterios.

El punto crucial para aplicar este método es el de elegir criterios consistentes con, y que reflejen adecuadamente, los objetivos que se pretenden alcanzar mediante la priorización.

Por ejemplo, en recientes trabajos realizados en Latinoamérica (Norton y Pardey, 1987) se han identificado tres objetivos: (1) incrementar el ingreso promedio del país, (2) mejorar el nivel de bienestar de grupos de bajos ingresos; y, (3) reducir las variaciones anuales de ingresos del país, especialmente las reducciones. Estos autores denominan a estos tres objetivos, respectivamente: "Eficiencia", "Equidad" y "Seguridad". Los criterios (variables) asociados a estos objetivos se muestran en la figura 2.1.

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.

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, diferentes estudios seleccionan diferentes criterios para priorizar la IA, según los objetivos planteados.

Respecto a las ponderaciones de los diferentes criterios, en algunos trabajos se establecen implícitamente mientras que en otros se determinan explícitamente. Esta diferencia es crucial.

En el último caso el ponderador de cada criterio puede ser determinado por grupos de expertos, usualmente pero no siempre, mediante el proceso iterativo Delphi. La determinación explícita de ponderadores permite que se tenga más control sobre los resultados obtenidos, en el sentido que se visualiza el porqué de los mismos. No así cuando los ponderadores se establecen implícitamente; en cuyo caso todos los criterios asumen igual importancia.

Además, cuando los ponderadores se determinan explícitamente y se cuenta con software adecuado, puede realizarse análisis de "sensitividad", en el sentido de obtener "de inmediato" varias priorizaciones conforme se cambian los valores de los ponderadores, lo que permite ver la dependencia de la priorización obtenida del consenso del grupo particular de expertos.

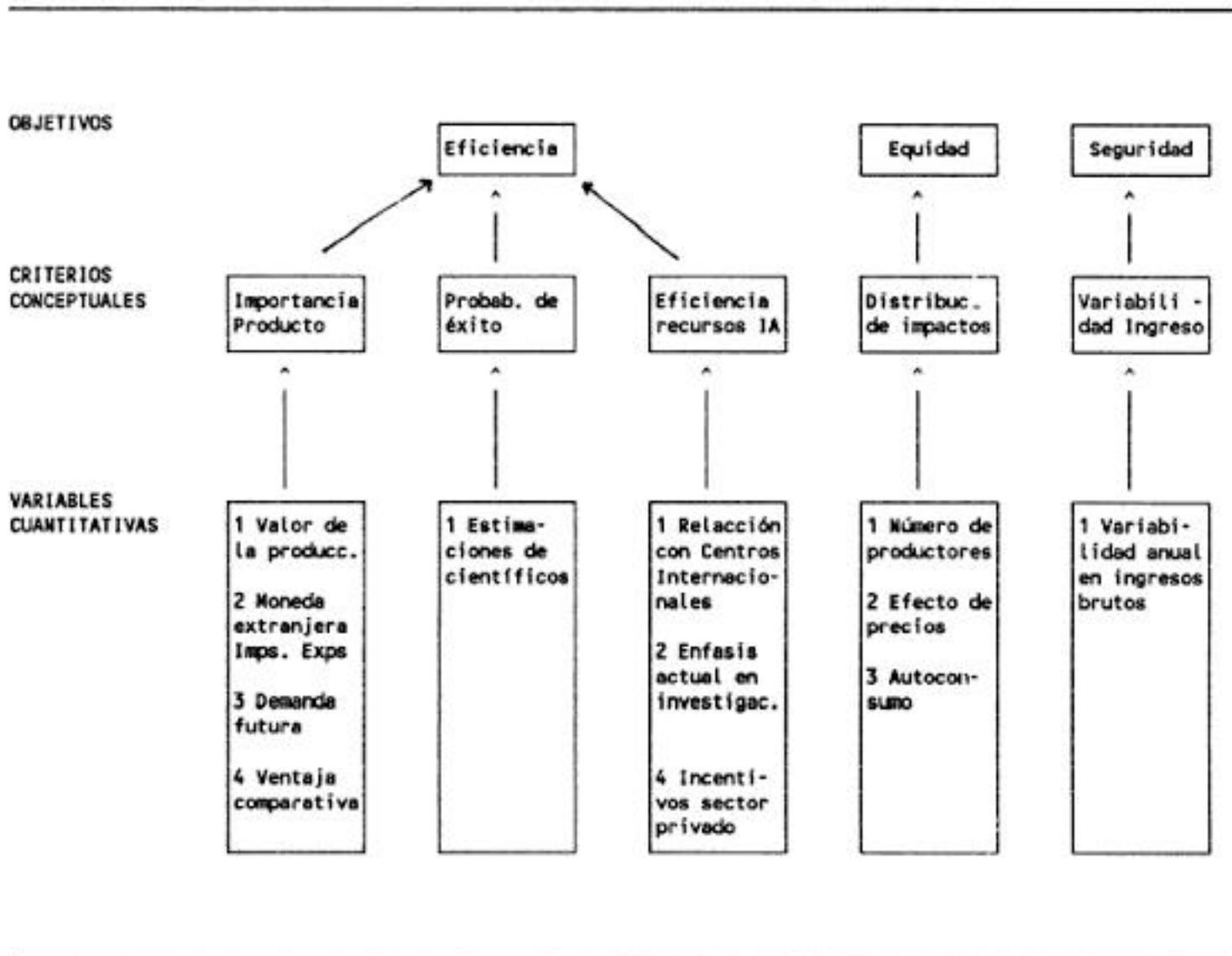
2.1.2. Ejemplo: Prioridades de investigación en El Salvador

Como ilustración del método de scoring para priorizar por rubros de producción y por áreas de investigación, con objetivos y ponderadores explícitos, se discute el trabajo de Medina Castro, 1990, para establecer prioridades e investigación agropecuaria en El Salvador¹.

En dicho estudio se consideraron dos objetivos principales: (1) contribuir con el incremento del ingreso per cápita del país; y, (2) contribuir a mejorar el nivel de bienestar de grupos de bajos ingresos.

¹ Los resultados que aquí se presentan son preliminares y más bien deben verse como los primeros resultados de un proceso iterativo, en el que se obtienen subsecuentes priorizaciones hasta converger a un resultado que satisfaga un consenso particular. La priorización aquí presentada, a manera de ilustración, tiene fines didácticos.

FIGURA 2.1. ELEMENTOS CONCEPTUALES EN EL MODELO DE ESCORING PARA ESTABLECER PRIORIDADES POR RUBRO DE PRODUCCION



Fuente: Norton y Pardey, 1987.

2.1.2.1. Priorización por rubros de producción.

Para los dos objetivos se consideraron cuatro categorías de criterios que los representan, a saber: (a) importancia del producto; (b) potencial de la investigación; (c) eficiencia de la investigación; y, (d) distribución de impactos de investigación. Las tres primeras se identifican con el primer objetivo y la última con el segundo, véase la figura 2.1.

a). Variables consideradas

Cada una de estas cuatro categorías se caracterizó mediante variables cuantitativas y/o cualitativas. Dicha variables, así como las respectivas ponderaciones asignadas -mediante entrevistas con expertos- se describen en el cuadro 2.1. Similares conjuntos de variables han sido empleados para priorizar rubros de producción en Venezuela por Gómez Quiroga, 1977 y en Ecuador por Espinosa, Norton y Gross (1986).

Para determinar puntajes para cada producto, las variables descritas en el cuadro 2.1., se dividieron en cuantitativas y cualitativas, como sigue:

(i) Cuantitativas

1. Valor de la producción.
2. Valor del vol. comercio int.
3. Cambio demanda interna prox. quinquenio.
4. Ventaja comparativa.
5. Experiencia en investigación.
11. Contribucion de calorías (promedio) a la dieta diaria.
12. Contribucion de proteínas (promedio) a la dieta diaria.
13. Nivel de autoconsumo por parte de productores.
14. Número de productores.

(ii) Cualitativas

6. Severidad de los problemas a investigar.
7. Potencial de la investigación.
8. Enfoque actual en investigación.
9. Flujos de información con Centros Internacionales.
10. Incentivos al sector privado.
15. Impacto en la utilización de recursos.

Variables cuantitativas

Para cada variable cuantitativa se elaboró un cuadro, en el que a cada producto considerado (véase cuadro 2.2.) se asignó un puntaje, de 38 puntos a 1 punto², de acuerdo con el valor que tomó la variable en cuestión en cada uno de los productos sujetos a priorización. Por ejemplo al producto con el mayor valor de la producción se le asignaron 38 puntos, al segundo producto 37 puntos y así sucesivamente.

La información de variables cuantitativas se obtuvo para los años 1988/1989 mediante colaboración de personal del Centro Nacional de Tecnología Agrícola (CENTA) de El Salvador.

² La escala de puntos es de 1 a 38 porque la lista de productos a priorizar es de 38 productos; sin embargo, pueden considerarse otras escalas.

CUADRO 2.1.

Variables consideradas para priorizar la IA por rubros de producción

- Importancia del producto. (ponderador 25 %)	- Potencial de investigación. (ponderador 28 %)	- Eficiencia en la utilización de recursos de IA. (ponderador 19 %)	- Distribución de impactos de investigación. (ponderador 28 %)
1. <u>Valor de la producción.</u> A mayor valor, mayor prioridad se asignó al producto. (ponderador 10 %).	5. <u>Experiencia en la investigación (medida en años-hombre).</u> Ya que, <u>ceteris paribus</u> , el costo de investigación se reduce a medida que aumenta la experiencia, se asignó mayor prioridad a productos cuya investigación cuenta con más experiencia. (ponderador 6%).	8. <u>Énfasis actual en investigación.</u> Se dio más prioridad a productos con mayor énfasis actual (tienen más recursos) en investigación. (ponderador 8 %).	11. <u>Contribución de calorías (promedio) a la dieta diaria.</u> (ponderador 4%)
2. <u>Valor del volumen del comercio internacional,</u> se le dio más peso a los productos con mayor valor medido por exportaciones más importaciones. (ponderador 5 %).	6. <u>Severidad de problemas a investigar.</u> Se dio más peso a productos cuyos problemas a investigar (a juicio de investigadores) son más severos. (ponderador 11 %).	9. <u>Flujos de información con Centros Internacionales.</u> A mayor flujo de información de la investigación realizada en dichos centros, mayor importancia se le dio al producto (ya que, <u>ceteris paribus</u> , el costo de realizar investigación disminuye conforme aumenta el flujo de información. (ponderador 5%)	12. <u>Contribución de proteínas (promedio) a la dieta diaria.</u> (ponderador 5%)
3. <u>Cambio de la demanda interna durante el próximo quinquenio.</u> Se asignó más importancia a productos cuya demanda se espera tenga mayor incremento (ponderador 5 %).	7. <u>Potencial de investigación, según criterio de investigadores.</u> Mayor potencial se asoció con más importancia del producto. (ponderador 11 %).	10. <u>Incentivos al sector privado.</u> Con la mira de promover la investigación en el sector público, se asignó más importancia a los productos para los cuales el sector privado no tiene incentivos para realizar investigación. (ponderador 6 %).	13. <u>Nivel de autoconsumo por parte de productores.</u> La prioridad de los productos aumenta conforme aumenta su nivel de autoconsumo medido en porcentajes. (ponderador 5%)
4. <u>Ventaja comparativa.</u> Los ingresos del país se incrementarían, <u>ceteris paribus</u> , si se aumentase la productividad en productos en que se está mejor dotado (en recursos); así, se dio más peso a productos con mayor ventaja comparativa. (ponderador 5 %).			14. <u>Número de productores.</u> A mayor número de productores, mayor importancia del producto. (ponderador 5 %).
			15. <u>Impacto en la utilización de recursos.</u> Se asignó más peso a productos que al adoptarse nueva tecnología, promueven más la utilización de trabajo y/o ahorro de tierra. (ponderador 9 %).

En ausencia de información sobre ventaja comparativa, ésta se estimó con base a los conocimientos sobre la producción y mercadeo de productos agropecuarios de economistas del Departamento de Planificación del CENTA y con el indicador costo doméstico de los recursos (Medina y Rodríguez, 1988).

También, en ausencia de información, sobre la contribución calórica y protéica de los productos considerados a la dieta diaria, se consultó con nutricionistas de la Universidad de El Salvador, para asignar puntos a los productos según su contribución a la dieta (promedio) diaria.

Variabes cualitativas

Para determinar la importancia de productos de acuerdo con las variables cualitativas se realizaron entrevistas con investigadores del CENTA, del Centro de Desarrollo Ganadero (CDG) y del Centro de Recursos Naturales (CENREN).

Siguiendo el trabajo de Espinosa y Norton, 1986; a cada investigador entrevistado del CENTA se le pidió determinar un valor (2 = mucho, 1 = poco, 0 = nada) a cada una de las variables cualitativas de todos los productos agrícolas. El valor que se consideró válido para cada variable cualitativa y cada producto fue la moda de las respuestas.

Similarmente, para productos pecuarios solo se entrevistaron investigadores de la CDG; y para productos de madera solo investigadores del CENREN.

El puntaje para cada producto y cada variable cualitativa se determinó de la misma manera que en el caso de las variables cuantitativas.

Ponderadores

El ponderador de cada variable se determinó como un promedio de ponderadores asignados por investigadores, economistas del Departamento de Planificación y los directivos del CENTA.

A cada persona entrevistada se le pidió: (1) asignar un ponderador (en términos porcentuales) a cada una de las variables cuantitativas, de tal manera que sumaran 100 %; (2) dar un peso a cada una de las variables cualitativas, con suma 100 %; y finalmente, (3) asignar un ponderador global para las variables cuantitativas y otro para las cualitativas, con suma 100 %.

Para obtener el peso final de cada variable cuantitativa se multiplicó el ponderador (promedio) global de las variables cuantitativas por el ponderador (promedio) de cada una de las variables cuantitativas. De la misma manera se procedió con las variables cualitativas. Los ponderadores finalmente obtenidos son los que se muestran en el cuadro 2.1.

b). Cálculo de prioridades

Con los puntajes asignados a cada producto y variable; y los ponderadores de cada variable determinados; se formó una matriz con productos como renglones y variables como columnas (con puntajes en cada entrada de la matriz).

En el Programa II del IICA se ha elaborado un programa interactivo, "ESCORING.WK1" con base en 123 de @Lotus (Medina Castro, 1989) que calcula prioridades por el método de scoring y permite efectuar análisis de "sensitividad" (al cambiar valores de ponderadores y variables).

Dicho programa se corrió para calcular, de acuerdo con la fórmula 2.1., el puntaje de cada rubro a partir de los datos contenidos en la matriz mencionada arriba. El programa calcula un puntaje final ("escore") para cada producto y los jerarquiza, de mayor a menor, de acuerdo con el "escore" alcanzado. Los resultados se muestran en el cuadro 2.2. La primera columna muestra la prioridad de cada producto, la tercera columna muestra el número originalmente asignado y la cuarta columna muestra el puntaje ("escore") alcanzado por cada producto. Tal puntaje no tiene ningún significado particular, salvo el de utilizarse para asignar un lugar a cada producto en la priorización.

2.1.2.2. Priorización por disciplinas o áreas de investigación

Las disciplinas que se priorizaron son las que se muestran en el cuadro 2.3. Para este caso solo se tomaron en cuenta las siguientes variables cualitativas:

1. Severidad de los problemas a resolver mediante investigación (37 %)
2. Enfoque actual en investigación. (17 %)
3. Flujos de información con Centros Internacionales. (15 %)
4. Incentivos al sector privado. (13 %)
5. Impacto en la utilización de recursos (trabajo y tierra). (18 %)

La interpretación de las variables es la misma que la que se da en el cuadro 2.1. También en este caso cada variable solo toma tres valores (2 = mucho, 1 = poco, 0 = nada). Para determinar la importancia de las disciplinas consideradas se realizaron entrevistas con los investigadores del CENTA, líderes en las áreas elegidas para priorizarse.

Como en el caso de productos, se determinaron los ponderadores de cada variable cualitativa (que se muestran arriba, entre paréntesis al lado de cada variable) mediante entrevistas con investigadores, planificadores y directivos del CENTA. El puntaje para cada área o disciplina se determinó como en el caso de productos; la priorización obtenida, aplicando el programa "ESCORING.WK1", se muestra en el cuadro 2.3

CUADRO 2.2.

EL SALVADOR: PRIORIZACION DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS
SEGUN METODO DE ESCORING.

PRIORIDAD	PRODUCTO	Número	ESCORE
1.	Maíz	1.	35.50
2.	Frijol	2.	34.41
3.	Arroz	3.	33.30
4.	Sorgo	4.	32.35
5.	Café	25.	30.75
6.	Caña	26.	29.09
7.	Leche	35.	28.82
8.	Ganadería de Carne	33.	28.38
9.	Tomate	6.	28.24
10.	Banano	14.	27.94
11.	Papaya	20.	27.41
12.	Aves	32.	27.33
13.	Porcino	34.	27.17
14.	Plátano	13.	27.11
15.	Madera (producción)	38.	27.02
16.	Miel	36.	26.52
17.	Papa	7.	26.17
18.	Huevo	31.	26.04
19.	Coco	16.	25.75
20.	Piña	17.	25.05
21.	Naranja	19.	24.92
22.	Limón	18.	24.39
23.	Aguacate	15.	24.05
24.	Melón	21.	23.87
25.	Repollo	5.	23.85
26.	Cebolla	8.	23.57
27.	Sandía	22.	23.15
28.	Zanahoria	10.	22.81
29.	Ajonjolí	28.	22.81
30.	Chile	11.	22.42
31.	Soya	37.	22.42
32.	Pepino	12.	22.14
33.	Mango	23.	20.09
34.	Maní	29.	20.00
35.	Algodón	27.	19.83
36.	Lechuga	9.	19.31
37.	Marañón	24.	14.24
38.	Henequén	30.	7.56

Fuente: Medina Castro, 1990. Cuadro 13.

CUADRO 2.3.

EL SALVADOR: PRIORIZACION DE DISCIPLINAS AGRICOLAS
SEGUN METODO DE ESCORING

PRIORIDAD	DISCIPLINA	Número	SCORE
1.	Transferencia de tecnología	7.	9
2.	Suelos	6.	8.82
2.	Mejoramiento genético	8.	8.82
4.	Economía agrícola	5.	8.69
4.	Química agrícola	3.	8.69
4.	Tecnología de alimentos	4.	8.69
4.	Protección vegetal	1.	8.69
4.	Agronomía	9.	8.69
9.	Biometría	2.	7.43

Fuente: Medina Castro, 1990. Cuadro 16.

2.2. Priorización de regiones

El método de escoring también puede utilizarse para priorizar la IA por regiones en varios países o de un mismo país. En particular, la metodología propuesta por von Oppen y Ryan, 1985, tiene como propósito asistir en la asignación regional de recursos (humanos y físicos) para la IA en un grupo de productos selectos³.

Como punto de partida se seleccionan dos objetivos principales "Eficiencia" y "Equidad" y 10 variables que los representan, con el fin de priorizar la IA de cierto producto, por regiones tropicales semiáridas de varios países. El análisis, sin embargo, puede ser adaptado a regiones agroecológicas de un mismo país. Las variables elegidas se presentan en el cuadro 2.4.

Con estas variables se pueden determinar, para un solo producto, priorizaciones por regiones. Como la idea es asignar recursos entre regiones, se determina un puntaje R_i para cada región, i ($i = 1, 2, \dots, n$), de tal manera que

$$\sum_{i=1}^n R_i = 100. \text{ Para esto:}$$

- primero se asigna a cada región, i , y cada variable, j , su respectivo valor p_{ij} .
- se asigna para cada variable, j , un valor P_j igual a la suma de la variable j en todas las regiones, i.e. $P_j = \sum_{i=1}^n p_{ij}$.
- se redefine el puntaje de cada región, i , para la variable, j , por $P_{ij} = (p_{ij} / P_j) * 100$.

³ De acuerdo con von Oppen y Ryan *op.cit.*, la priorización con miras a asignar recursos regionalmente es válida en las siguientes circunstancias: (1) los problemas de investigación encontrados son percibidos como específicos de la región y (2) la investigación regional se puede llevar a cabo con el nivel requerido de colaboración interdisciplinaria.

CUADRO 2.4.

CRITERIOS PARA PRIORIZAR REGIONES CON MIRAS A ASIGNAR RECURSOS DE INVESTIGACION EN UN SOLO PRODUCTO

CRITERIO	MAS ALTA PRIORIDAD	OBJETIVOS	
		Eficiencia	Equidad
Ingreso per cápita de la región	Ing. más bajo		x
Crecimiento ingreso regional / Ingr. per cápita	Cociente más bajo		x
Población	Poblacion más grande	x	x
Tasa crecimiento de la población	Tasa más alta		x
Tasa crecimiento del producto	Tasa más baja	x	
Consumo alimenticio per cápita	Ingesta más baja		x
Contribución del producto al consumo alimenticio	Contribución más alta	x	x
Contribución regional a la producción total del producto	Contribución más alta	x	
Estabilidad de Rendimientos (R ² de la líneas de tendencia)	Mayor inestabilidad (i.e. más bajo R ²)	x	x
Cociente trabajo / tierra	Más alto cociente	x	

Fuente: von Oppen y Ryan, 1985. Tabla 2.

Entonces el puntaje final de cada región queda determinado por

$$(2.2) R_i = \sum_{j=1}^m w_j * P_{ij}; \text{ donde}$$

w_j es el ponderador de la variable j ; y por lo tanto $\sum_{j=1}^m w_j = 1$.

von Oppen y Ryan establecen, para cada producto, varias priorizaciones regionales bajo diferentes conjuntos de valores de los ponderadores. Comparan dichas priorizaciones regionales con la asignación de recursos actual entre regiones (en términos porcentuales); lo que hace posible determinar el grado de congruencia de las primeras con la última. Esto permite estar en una mejor posición para evaluar la asignación actual de recursos y tomar decisiones para mejorar el grado de congruencia (entre prioridades explícitas y la asignación actual).

Este análisis no provee un método automático para asignar recursos entre regiones para la investigación en cierto producto, pues no toma en cuenta la probabilidad de éxito en investigación, la historia de la investigación en la región, la asignación actual de recursos por los programas nacionales; sin embargo provee un elemento -información- útil para la toma de decisiones en cuanto a la asignación de recursos.

2.3. Priorización de proyectos

De acuerdo con Anderson y Parton, 1983, el método de scoring también puede utilizarse para priorizar un conjunto de proyectos de la siguiente manera. Se definen un conjunto de atributos a_1, a_2, \dots, a_m , en los que se desea evaluar cada proyecto. A un panel de expertos se le pide calificar a cada proyecto, i ($i = 1, \dots, m$) en cada atributo con un número, por ejemplo, de 1, 2, ..., 10. Al obtener la calificación promedio de los expertos, en cada atributo a_j , para cada proyecto i , se

obtiene un puntaje x_{ij} . Por otra parte, se determina un conjunto de ponderadores w_1, \dots, w_m para cada atributo. Así a cada proyecto se le asigna un puntaje P_i , como en la fórmula (2.1)

$$(2.3) \quad P_i = \sum_{j=1}^m w_j * x_{ij}, \quad \text{con} \quad \sum_{j=1}^m w_j = 1.$$

Si además se cuenta con el costo de cada proyecto C_i , entonces puede seleccionarse proyectos con la mira de maximizar el puntaje total, a saber:

$$(2.4) \quad \sum_{i=1}^m S_i * P_i,$$

$$(2.5) \quad \text{sujeto a: } \sum_{i=1}^m S_i * C_i \leq B;$$

donde B representa al presupuesto disponible. Además: $S_i = 1$, si el proyecto es seleccionado; $S_i = 0$, si el proyecto no es seleccionado.

Shumway y Mc Craken, 1975 reportan del uso de este método, con base en la fórmula (2.3), para evaluar el programa de investigación de la Estación Experimental de Carolina del Norte, E.U.A. Recomiendan utilizar un número pequeño de criterios independientes (no más de 10, por ejemplo) y una escala discreta para cada criterio con suficiente rango para considerar las alternativas relevantes.

2.4 Recolección de datos e implementación de modelos

Con el fin de implementar el método de scoring para priorizar la IA de rubros de producción o disciplinas agropecuarias, se sugiere seguir los siguientes pasos:

Paso 1. Recolección y sistematización de información.

Primero debe elaborarse una lista de productos o disciplinas agropecuarias sobre los que se requiere información; así como definir los objetivos y criterios (variables) con los que se trabajará y distinguir claramente las variables cuantitativas de las cualitativas.

En los cuadros 2.5 y 2.6 se presentan guías sobre el tipo de información que debe recolectarse para implementar este método (dichas guías pueden servir como base para aplicar el método con otros objetivos y/o criterios).

Se recomienda elaborar un cuadro para cada variable en el que se prioricen los productos o áreas de investigación de acuerdo con el puntaje ("score") alcanzado en dicha variable.

La información sobre variables cualitativas se puede obtener mediante entrevistas con investigadores y administradores de IA del país o región en cuestión.

Paso 2. Determinación de ponderadores para cada criterio.

Cada ponderador correspondiente a cierto criterio puede determinarse al promediar los valores determinados, privadamente, por cada uno de los individuos de un grupo de investigadores y administradores de IA previamente elegidos. Alternativamente, pueden determinarse, con el mismo grupo, mediante un procedimiento tipo Delphi, lo que permite ajustar dichos ponderadores.

Paso 3. Cálculo de puntajes ("scores") y priorización.

Con el fin de establecer prioridades, se determina para cada producto o área de investigación el puntaje alcanzado en cada criterio o variable, el que se multiplica por su ponderador correspondiente, los productos así obtenidos se suman de acuerdo con la fórmula 2.1 para obtener el puntaje final de cada producto. Al ordenar estos productos o áreas de investigación, de acuerdo con su puntaje, se establecen las prioridades de investigación agropecuaria.

Alternativamente, pueden calcularse prioridades con el programa interactivo "ESCORING", del Programa II del IICA.

CUADRO 2.5

METODO DE "ESCORING"			
DATOS POR PRODUCTO			
Criterios	Fuentes: Secundarias o Primarias	Fuentes: Primarias	Datos Hipotéticos
Importancia para el producto	(1) Valor de la producción		
	(2) Valor del volumen del comercio internacional		
	(3) Cambio de la demanda futura		
	(4) Ventaja Comparativa		

(Continuación 2/3)

METODO DE "ESCORING"			
DATOS POR PRODUCTO			
Criterios	Fuentes: Secundarias o Primarias	Fuentes: Primarias	Datos Hipotéticos
Po- n- c- i- a- l- i- n- v- e- s	(5) Experiencia en la in- vestigación (medida en años-investigador)	(6) Severidad de problemas a investigar (según criterio de investi- gadores)	(7) Potencial de investi- gación (según criterio de investigadores)
E- f- i- c- i- e- n- c- i- a- i- n- v		(8) Enfasis actual en in- vestigación	(9) Flujos de información con Centros Interna- cionales
		(10) Incentivos al sector privado	

(Continuación 3/3)

METODO DE "ESCORING"			
DATOS POR PRODUCTO			
Criterios	Fuentes: Secundarias o Primarias	Fuentes: Primarias	Datos Hipotéticos
Impacto	(11) Contribución de calorías (promedio) a la dieta diaria		
	(12) Contribución de proteínas (promedio) a la dieta diaria		
inventario	(13) Nivel de autoconsumo por parte de productores		
	(14) Número de productores		
	(15) Impacto en la utilización de recursos		
Observaciones:			
1. Los ponderadores de las distintas variables consideradas se obtienen mediante sesiones de discusión con expertos o entrevistas a los mismos			

CUADRO 2.6.

METODO DE "ESCORING"		
DATOS POR AREA DE INVESTIGACION O DISCIPLINA		
Fuentes: Secundarias o Primarias	Fuentes: Primarias	Datos Hipotéticos
C R I T E R I O S	(1) Severidad de los problemas a resolver mediante investigación (2) Enfásis actual en investigación (3) Flujos de información con Centros Internacionales (4) Incentivos al sector privado (5) Impacto en la utilización de recursos	
Observaciones: 1. Los ponderadores de las distintas variables consideradas se obtienen mediante sesiones de discusión con expertos o entrevistas a los mismos.		

CAPITULO 3. PRIORIZACION MEDIANTE EL ANALISIS DE COSTO-BENEFICIO

Este capítulo pretende, (a), exponer distintos modelos que utilizan el análisis de costo-beneficio para evaluar, mediante medidas de rentabilidad, proyectos de IA; y, (b), discutir cómo pueden derivarse medidas de rentabilidad útiles para establecer PIAs, con miras a asignar recursos entre proyectos, con el fin de maximizar beneficios.

3.1. Conceptos y definiciones preliminares.

En esta sección se presentan las bases conceptuales necesarias, para entender el resto del capítulo y está dirigida a lectores no familiarizados con ciertas definiciones de conceptos microeconómicos. Los lectores familiarizados con los conceptos que se presentan en las subsecciones 3.1.1 y 3.1.2, pueden pasarlas por alto y empezar con la subsección 3.1.3.

3.1.1. Medidas de rentabilidad.

Las medidas de rentabilidad más comunes incluyen: (1) el valor neto actual (VNA); (2) la tasa interna de retorno (TIR); y, (3) la relación beneficios-costos (B/C).

El VNA de un proyecto se determina a partir de la corriente de beneficios esperados menos costos, durante el período que dura el proyecto, descontados al presente mediante una tasa de descuento (o interés). Algebraicamente el VNA se define por:

$$(3.1) \quad \text{VNA} = \sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t}, \text{ donde}$$

B_t = beneficio en el año t , generado por el proyecto;

C_t = costo en el año t ;

r = tasa de descuento (o interés);

t = 0, 1, 2, 3, ..., T ; y,

T = último año del proyecto.

El VNA se utiliza en la práctica para evaluar varias alternativas de inversión. Cuando se comparan dos alternativas que compiten entre sí, con la misma tasa de descuento, siempre se elige la que tiene mayor VNA.

La TIR se define como la tasa de descuento que hace que el VNA sea cero, es decir, TIR se obtiene a partir de la ecuación

$$(3.2) \quad 0 = \sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1 + \text{TIR})^t}$$

La TIR es la tasa de descuento que hace que los beneficios y costos descontados al presente sean iguales. Cuando se considera la rentabilidad de proyectos mediante la TIR, el criterio es elegir aquellos proyectos cuya TIR sea mayor que una tasa determinada de antemano.

La relación de beneficios-costos se define por:

$$(3.3) \quad B / C = \left\{ \sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+r)^t} \right\} / \left\{ \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} \right\},$$

la relación beneficios-costos es una comparación de los beneficios brutos contra los costos, ambos descontados al presente. Al comparar dos proyectos, resulta más rentable por peso invertido -comparados con la misma tasa de descuento, r - aquel cuya relación beneficios-costos es mayor.

3.1.2. Definiciones básicas¹

Curva de Demanda.

Muestra la relación existente entre la cantidad que se demanda de cierto bien y su precio por unidad. Típicamente la curva de demanda se muestra -con el precio en el eje vertical y la cantidad (total) demandada en el eje horizontal- inclinada hacia abajo, de izquierda a derecha, para indicar que la cantidad demandada aumenta, conforme el precio por unidad disminuye (véase figura 3.1).

Curva de Oferta.

Muestra la relación existente entre la cantidad (total) ofrecida (por productores) y el precio de cierto bien por unidad. Se muestra -con el precio en el eje vertical y la cantidad ofrecida en el eje horizontal- como una curva inclinada hacia arriba, de izquierda a derecha, para indicar que la cantidad ofrecida aumenta conforme el precio unitario del bien en cuestión aumenta (véase figura 3.1).

Excedente del consumidor.

Comúnmente se refiere al área debajo de la curva de demanda y arriba del precio, es una medida del beneficio neto que obtiene un consumidor al adquirir un bien a determinado precio. Este concepto es utilizado en el análisis de costo-beneficio, como una medida aproximada de cambio en el bienestar del consumidor (véase figura 3.1).

La idea intuitiva detrás de este concepto es la siguiente, con una curva de demanda con pendiente negativa: cuando un consumidor adquiere cierta cantidad de un bien a determinado precio. El está dispuesto a pagar más, que el precio que de hecho paga, por las cantidades inferiores a la adquirida. Entonces el consumidor obtiene un beneficio al pagar un precio menor por las unidades iniciales de dicho bien. Este beneficio se representa por el área debajo de la curva de demanda y arriba del precio pagado.

¹ Las definiciones que se presentan aquí siguen muy de cerca la presentación de Pearce, 1983.

Excedente del productor

Típicamente se representa por el área arriba de la curva de oferta y debajo del precio obtenido. El excedente es apropiado por los dueños de los factores de producción por obtener una mayor utilidad que el beneficio que estaban dispuestos a ceder (véase figura 3.1).

La idea intuitiva de este concepto es la siguiente, con una curva de oferta con pendiente positiva: cuando un productor obtiene cierto precio por determinada cantidad del bien que produce, él está dispuesto a obtener un menor precio por las cantidades inferiores a la producida, del que de hecho obtiene. Entonces el productor se beneficia al obtener un precio mayor por las unidades iniciales producidas de dicho bien. Este beneficio se representa por el área arriba de la curva de oferta y debajo del precio obtenido.

Elasticidad.

Es una medida del cambio porcentual de una variable con respecto al cambio porcentual de otra variable.

Elasticidad de la demanda.

Generalmente se refiere a la elasticidad de la demanda de un bien, con respecto a su propio precio, y mide el grado de respuesta ("responsiveness") de la cantidad demandada a los cambios de precio. Por ejemplo, si el cambio porcentual de la cantidad demandada de cierto bien es de 5% y el cambio porcentual de su precio es de 10%, entonces la elasticidad de la demanda con respecto a su propio precio es de $0.05 / 0.1 = 0.5$. El concepto de elasticidad es puntual, en el sentido que las mediciones de cambios porcentuales se miden en cierto punto particular de la curva.

Elasticidad de la oferta.

Similarmente, se define la elasticidad de la oferta con respecto a su precio, como la razón del cambio porcentual en la cantidad ofrecida entre el cambio porcentual del precio, medida en un punto particular de la curva de oferta.

Demanda elástica y Demanda inelástica.

Aunque la elasticidad de la demanda en un punto y la pendiente de la curva de demanda en el mismo punto no coinciden, pues son conceptos y medidas diferentes. Cuando se comparan dos curvas de demanda que pasan por el mismo punto (mismos precio y cantidad) resulta que la curva más inclinada (en el mismo punto) es también menos elástica.

Intuitivamente, al comparar dos curvas de demanda, en el mismo punto: curvas poco inclinadas se llaman elásticas y curvas más inclinadas se llaman inelásticas (véase figura 3.2). En los casos extremos: una curva de demanda vertical es totalmente inelástica; y, una curva de demanda horizontal es completamente o infinitamente elástica (véase figura 3.4).

Formalmente, la curva de demanda es elástica (inelástica) en un punto, cuando su elasticidad en tal punto es mayor a 1 (menor a 1).

Oferta elástica y Oferta inelástica.

Similares definiciones a las de la curva de la demanda se aplican a la curva de oferta.

Equilibrio

Cuando este concepto se aplica al mercado de uno o más bienes, denota una situación en la que, en conjunto, los consumidores y productores están satisfechos con las cantidades producidas y compradas a los precios establecidos, y por tanto no tienen incentivos para cambiar, mediante sus acciones, la situación del mercado. En particular, en el caso de un bien, en el precio de equilibrio la cantidad demandada coincide con la cantidad ofrecida.

3.1.3. Clasificación de modelos.

Respecto a la aplicabilidad del análisis de costo beneficio a la priorización de la IA, se pueden distinguir dos tipos de modelos: (1) ex-ante, que derivan medidas de rentabilidad a partir de información estimada antes de desarrollar la investigación; y (2) ex-post, se diferencian de los primeros porque se basan en información obtenida después de realizar la investigación.

Con miras a priorizar y asignar recursos a la IA, los modelos ex-ante son los relevantes pues proporcionan una guía para establecer asignaciones de recursos destinados a investigación, mientras que los modelos ex-post indican la rentabilidad de asignaciones ya establecidas. El último tipo de modelos, sin embargo, puede proporcionar información de utilidad. Por ejemplo, cuando por diversas razones solo es posible hacer cambios marginales de la asignación de recursos de IA prevaleciente (ej. debido a compromisos establecidos, "binding agreements"), el análisis ex-post provee información que permite dar "pequeños" pasos hacia asignaciones más rentables, a partir de la asignación actual.

Los modelos considerados aquí pueden clasificarse de acuerdo con la manera como se miden los beneficios, B_1 , a saber modelos: (1) de excedentes económicos explícitos; (2) implícitos; y, (3) con base en la función de producción.

3.2. Modelos de excedentes económicos

3.2.1. Modelo básico

El modelo básico de excedentes económicos se muestra en la figura 3.1. En este enfoque se consideran solo dos tipos de agentes: consumidores y productores. Inicialmente, se parte de una situación de equilibrio en el mercado del producto en cuestión, donde se produce y consume una cantidad Q_0 a un precio P_0 . El excedente del consumidor se representa por el área p_0ba , debajo de la curva de demanda, D , y arriba del precio p_0 . Por otra parte, el excedente del productor se representa por el área Obp_0 , arriba de la curva de oferta, S , y debajo del precio p_0 . Los cambios en estas áreas representan ganancias (o pérdidas) de consumidores y/o productores como consecuencia de desplazamientos de las curvas de oferta y/o demanda.

Como se muestra en la figura 3.2a al adoptarse los resultados de IA, que reducen el costo de producción por unidad del producto y/o aumentan el rendimiento, se desplaza la curva de oferta

hacia abajo y a la derecha de S a S'; y así se establece un nuevo equilibrio, donde se produce y consume una mayor cantidad, Q_1 , a un precio menor P_1 .

Los consumidores se benefician al pagar un menor precio por una mayor cantidad. Esto se representa en el incremento en el excedente del consumidor, CECS, dado por el área p_1cbp_0 . Por otra parte, los productores tienden a aumentar sus ganancias al producir más a un menor costo por unidad (representado por el aumento del excedente del productor en el área Ocd); sin embargo, también tienden a reducir sus ganancias al recibir un menor precio por su producto (esto se representa por la disminución en el excedente del productor en el área p_1dbp_0). En resumen el cambio en el excedente del productor, CEPS, es igual a: área Ocd - área p_1dbp_0 .

Así pues, el cambio en el excedente total, CETS (= cambio en excedente del consumidor + cambio en el excedente del productor), está dado por
 $\text{área } p_1cbp_0 + \text{área Ocd} - \text{área } p_1dbp_0 = \text{área Ocd} + \text{área dcb} = \text{área Ocb}$.

Con base en este modelo, se define el beneficio, una vez que se adoptan los resultados de la IA y durante el período t, que se opera con ellos, por $B_t = \text{CETS}$

a. Distribución de beneficios

Este modelo permite analizar la distribución de beneficios de la IA. De acuerdo con Ruttan y Binswanger, 1978 (pp. 364-71) y Ruttan, 1982 (pp. 270-272), la distribución de los beneficios de la adopción de los resultados de la IA, entre productores y consumidores, dependen de (1) la elasticidad de la curva de la demanda; y, cuando las curvas de oferta y demanda se desplazan simultáneamente, de (2) las respectivas tasas de desplazamiento.

Para ilustrar el primer punto, considérese las figuras 3.2a y 3.2b. Si la curva de demanda es relativamente elástica (como en la figura 3.2a), al desplazarse la curva de oferta de S a S', el incremento en el excedente del productor, área Ocd, más que compensa la reducción generada por la disminución de precios, área p_1dbp_0 . Esto no sucede así cuando la demanda es relativamente inelástica (como en la figura 3.2b), pues una mayor disminución en el excedente del productor, área p_1dbp_0 , no se compensa con un menor incremento del excedente, área Ocd.

Este resultado es intuitivamente claro cuando se considera que al partir del mismo equilibrio, los productores tienden a aumentar más sus ganancias ante una reducción relativamente pequeña de precios (por desplazamiento de la oferta con demanda elástica) pero un incremento relativamente grande de ventas y producción, que ante una reducción relativamente grande de precios (por desplazamiento de la oferta con demanda inelástica) y un incremento relativamente pequeño de ventas y producción.

Por otra parte, al comparar el incremento en el excedente del consumidor, área p_1cbp_0 , en la figuras 3.2a y 3.2b -generado por la adopción de nueva tecnología- resulta que generalmente el excedente del consumidor aumenta más cuando la demanda es inelástica (poco elástica) que cuando es muy elástica. Así, este análisis explica porqué los consumidores apoyarían más la investigación (y adopción) en productos agrícolas básicos (relativamente inelásticos) que, por ejemplo, productos agrícolas para la exportación (relativamente elásticos).

FIGURA 3.1. EXCEDENTES ECONOMICOS

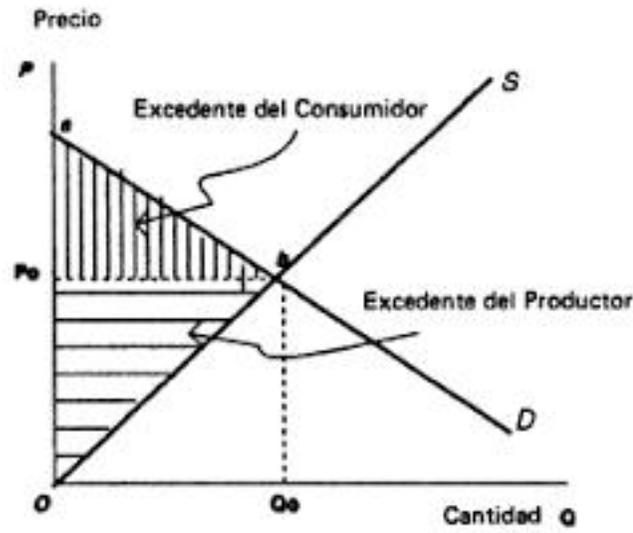
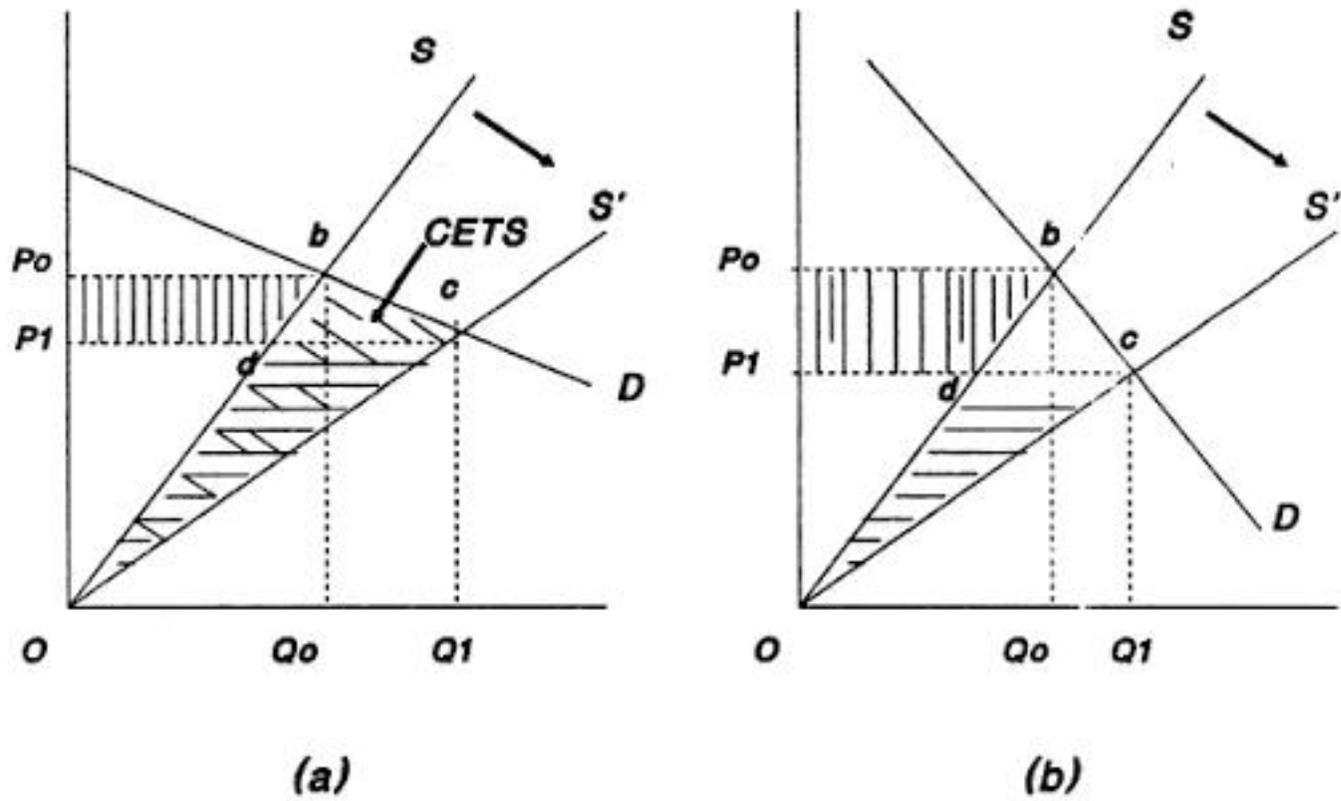


FIGURA 3.2. CAMBIO EN EXCEDENTES, GENERADOS POR ADOPCION DE RESULTADOS DE I.A.



Fuente: Basada en Stevens and Jabara 1988, p. 298

En resumen, generalmente, la IA y adopción de productos cuya demanda es relativamente inelástica (elástica) se asocian con mayores beneficios relativos para los consumidores (productores).

3.2.2. Extensiones del modelo básico

El modelo que acaba de describirse puede ser extendido de diversas maneras. En primer lugar, las funciones pueden ser no lineales (Akino y Hayami, 1975); la función de oferta puede desplazarse de diversas maneras (Ardila 1986); también puede suponerse que parte de la producción se autoconsume por parte de los productores, otra parte se comercia internacionalmente, las curvas de oferta y demanda pueden desplazarse simultáneamente (como en Norton, Ganoza y Pomareda, 1987). En el anexo 1 se presenta una extensión de Edwards y Freebairn (1984) para dos países.

3.2.3. Aplicaciones del modelo de excedentes económicos

Previos modelos basados en el análisis de excedentes económicos y aplicados a la priorización de la IA, como el de Ramalho de Castro y Schuh (1974), solo consideran los excedentes económicos para medir rentabilidad, y por consiguiente, solo miden los beneficios (potenciales) de la investigación, B_t , en un período de tiempo. Sin embargo, es más general contabilizar los costos y beneficios en el transcurso del tiempo -desde que se incurren los costos de la IA, se adoptan los resultados por los productores; y se produce y consume el bien producido con la nueva tecnología por un lapso de tiempo- y después calcular la rentabilidad con una o varias de las fórmulas (3.1) a (3.3).

a. Modelo de Ramalho de Castro y Schuh

Para aclarar más este punto se considera la siguiente extensión del modelo presentado en Ramalho de Castro y Schuh (*op.cit.*), con demanda y oferta lineales y desplazamiento de la oferta paralelo (como se ilustra en la figura 3.3), de acuerdo con Ramalho de Castro y Schuh el cambio en el excedente económico total esta dado por:

$$(3.4) \text{ CETS} = P_0 Q_0 k (1 + (K_q / 2)),$$

donde:

P_0 = precio del bien en cuestión en el equilibrio inicial;

Q_0 = cantidad producida y consumida en el equilibrio inicial;

k = tamaño, en términos porcentuales, del desplazamiento vertical de la curva de oferta;

$$(3.5) K_q = (en / (e + n))k;$$

e = elasticidad de la oferta en el punto de equilibrio inicial;

n = elasticidad de la demanda (en valor absoluto) en el punto de equilibrio inicial.

Si por ejemplo se utiliza este modelo para calcular la rentabilidad de una investigación que se realizaría por 5 años y se estima que empezaría a ser adoptada en el año 6; además la curva de

oferta se desplazaría en 1%, 2%, 3%, 2%, 0% durante los años subsecuentes; y los resultados de la investigación dejarían de utilizarse en el año 11. Así, el flujo de costos y beneficios estarían dados como se muestra a continuación: C_0, C_1, C_2, C_3, C_4 representan los costos incurridos en la investigación durante los primeros 5 años; posteriormente: $C_5 = C_6 = C_7 = C_8 = C_9 = 0$. Por otra parte, el beneficio en el año t está dado por

$$B_t = P_0 Q_0 k_t (1 + (K_{qt} / 2)), \quad t = 0, 1, \dots, 9;$$

donde k_t representa el desplazamiento acumulado de la oferta (K_{qt} , se define como en la fórmula (3.5), pero con k_t en lugar de k). Así pues $0 = k_0 = k_1 = k_2 = k_3 = k_4$; $k_5 = 0.01$, $k_6 = 0.03$, $k_7 = 0.06$, $k_8 = 0.08$, $k_9 = 0.08$, $K_{10} = 0$. Así por ejemplo el beneficio en el período 6, B_6 , está dado por

$$B_6 = P_0 Q_0 (0.03) (1 + e_n / (e + n) (0.03/2))$$

A partir de la corriente de beneficios y costos determinada de esta manera se puede aplicar cualesquiera de las fórmulas (3.1) a (3.3) para calcular la rentabilidad.

Como en el ejemplo anterior, al combinar medidas de rentabilidad derivadas del análisis de costo-beneficio con el enfoque de excedentes económicos se han desarrollado modelos más elaborados para calcular la rentabilidad ex-ante.

b. Modelo de Norton, Ganoza y Pomareda

Un ejemplo de este tipo de modelos es el de Norton, Ganoza y Pomareda (1987), que extiende el modelo básico presentado en la sección 3.2.1 para calcular el VNA y la TIR de la Investigación y extensión en cinco productos básicos del Perú (arroz, maíz, trigo, papa y frijol) durante un período de 20 años de 1981 al 2000, bajo distintos supuestos.

El análisis considera curvas de oferta no lineales y permite calcular excedentes económicos con desplazamiento simultáneo de la oferta, generado por la adopción de nueva tecnología; y desplazamiento de la demanda, como consecuencia del aumento de la población. El autoconsumo, por parte de pequeños productores, también se contempla en el modelo. Respecto a los desplazamientos de la curva de oferta: son paulatinos, conforme la adopción se difunde; posteriormente retrocede la curva de oferta conforme la nueva tecnología se deprecia. El análisis permite calcular el VNA de los productos estudiados bajo regímenes de libre comercio internacional y de autarquía.

3.3. Modelos de excedentes económicos implícitos

Algunos modelos hacen uso del análisis de costo-beneficio para obtener medidas de rentabilidad económica, sin calcular explícitamente el excedente económico; tal es el caso del modelo de Araji, Sim y Gardner (1978), que calcula medidas de rentabilidad ex-ante (de futuros beneficios) de investigación (y extensión) agropecuaria, sin determinar los futuros precios y cantidades producidas (y consumidas) a partir del enfoque de oferta y demanda, como en la sección 3.2.

No obstante, este tipo de modelos utiliza como uno de los componentes del beneficio bruto en el período t , B_t , el excedente económico total: para el caso en que la oferta es inelástica

(vertical) y se desplaza hacia la derecha como resultado del cambio tecnológico y la demanda es completamente elástica (horizontal), como se muestra en la figura 3.4.

3.3.1. Modelo de Araji Sim y Gardner (1978).

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

Con base en las fórmulas que se muestran en el anexo 2, Araji et.al. deriva el VNA, la TIR y relación B / C para los productos considerados, como se muestra en el cuadro 3.1. -éstos cálculos primero fueron determinados por áreas (o disciplinas) de investigación y después fueron agregados para cada producto. Para realizar los cálculos del VNA y la razón B / C, se asumió una tasa de descuento del 10%.

CUADRO 3.1

RENTABILIDAD EX-ANTE DE LA INVERSION PUBLICA EN INVESTIGACION Y EXTENSION EN LA REGION OCCIDENTAL DE LOS E. U. A.					
LUGAR	VALOR NETO ACTUAL	T	I	R	RELACION B / C
	(\$ millones)			%	
1	Papa 1591.956	Papa	104.81	Papa	55.09
2	Manzana 473.189	Manzana	48.69	Tomate	21.05
3	Algodón 266.148	Tomate	47.58	Manzana	13.99
4	Tomate 188.860	Algodón	43.67	Algodón	13.24
5	Ovinos 135.732	Uva	41.70	Uva	10.97
6	Cítricos 99.117	Lechuga	38.28	Lechuga	9.74
7	Uva 94.512	Arroz	35.59	Arroz	6.69
8	Arroz 58.140	Ovinos	34.75	Ovinos	6.29
9	Lechuga 57.615	Cítricos	25.17	Cítricos	3.53

FUENTE: Araji A. A. et. al. (1978). Tabla 1.2

Como se aprecia, al ordenar los productos, de mayor a menor, de acuerdo con la respectivas medidas de rentabilidad, los productos no siempre ocupan el mismo lugar. Sobre esto se comentará al final del capítulo.

FIGURA 3.3. DESPLAZAMIENTO DE LA OFERTA EN EL TRANCURSO DEL TIEMPO

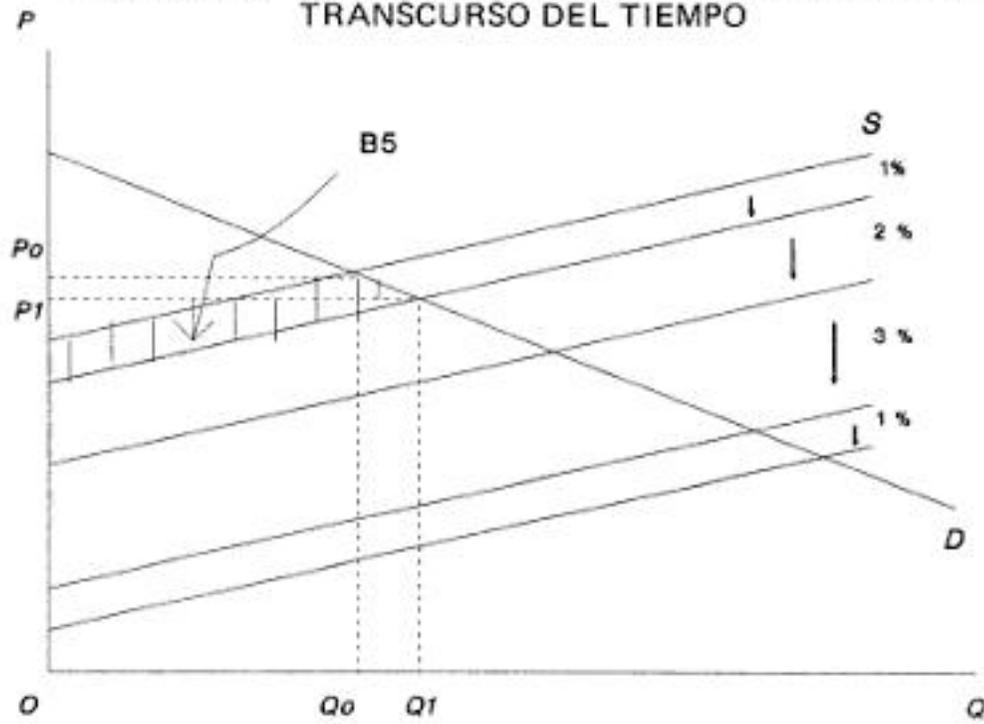
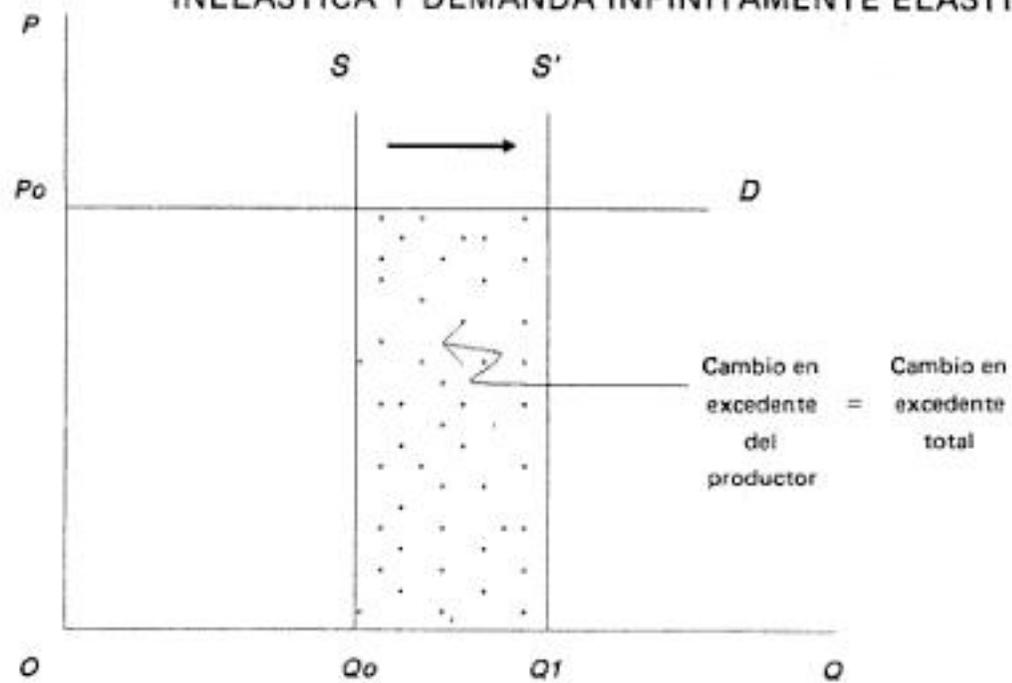


FIGURA 3.4. ADOPCION DE RESULTADOS DE I.A. CON OFERTA INELASTICA Y DEMANDA INFINITAMENTE ELASTICA



3.4. Modelos con base en la función de producción

Los análisis basados en la función de producción² obtienen, a partir de la estimación de los parámetros que definen dicha función, la productividad marginal de la investigación en el año t , PMI_t ; ésta puede definirse como:

la suma de incrementos en la producción total en el año t generados por el gasto de un peso adicional en investigación (y extensión) en cada uno de los años anteriores al año t .

En este enfoque el beneficio bruto en el período t , B_t , se identifica con PMI_t y al resolver una variación de la ecuación (2.2) se obtiene la tasa interna de retorno (marginal), TIRM, como variable proxy de rentabilidad.

3.4.1. Modelo de Bredahl y Peterson (1976).

En el trabajo de estos autores se estiman los parámetros de la función de producción para obtener, a partir de los mismos, la productividad marginal de la investigación agropecuaria para cuatro rubros de producción -granos, aves, ganado y productos lácteos- en diferentes estados de EUA. Para cada rubro obtienen una tasa interna de retorno, como se indica a continuación.

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

$$(3.6) \quad \sum_{t=1}^{T_j} MPR_{j,t} / (1 + TIR_j)^t - 1 = 0,$$

donde $MPR_{j,t}$ es la estimación de la productividad marginal de la investigación en el rubro j -ésimo y el período t . Más precisamente, $MPR_{j,t}$ mide el incremento de la producción total en el período t de 1 \$ gastado en investigación en el período 0 -se asume que la investigación que se realiza en el rubro j -ésimo en el período 0 afecta a la producción durante $1, \dots, T_j$ 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 (3.6) puede deducirse que: (a) si se obtienen productividades marginales de la investigación por rubro y por región (o Estado); y, (b) se conoce el número de períodos de retraso por rubro j , T_j ; entonces, es posible obtener la tasa interna de retorno por rubro y por Estado.

² De acuerdo con Norton y Davis, 1981, el modelo típico para estimar la rentabilidad económica, mediante la función de producción es

$$Q = A \prod_{i=1}^m X_i^{\beta_i} \prod_{j=1}^n R_{t,j}^{\alpha_{t,j}} e^v, \quad \text{donde:}$$

Q es valor de la producción agrícola de cierto producto, A es un parámetro de desplazamiento, X_i es el i -ésimo insumo convencional, $R_{t,j}$ es el gasto en investigación (y extensión) en el año $t-j$ ésimo, β_i es el coeficiente de producción del i -ésimo insumo convencional, $\alpha_{t,j}$ es el coeficiente parcial de producción de investigación (y extensión) en el $t-j$ -ésimo año, y v es un error aleatorio.

Así, se sugiere que la tasa de retorno total se podría incrementar reasignando recursos: de rubros y Estados poco rentables a rubros y Estados altamente rentables³. Sin embargo, este enfoque no indica, de manera precisa, la cantidad que debe reasignarse entre rubros.

3.5. Priorización de la investigación mediante indicadores de rentabilidad

Esta sección pretende contestar la siguiente cuestión:

¿Cómo priorizar, mediante el análisis de costo-beneficio, distintos proyectos de IA (y extensión), con miras a asignar recursos entre ellos, para maximizar beneficios?

Con el fin de maximizar el beneficio total, la pauta a seguir para asignar recursos entre diversas actividades (o proyectos) de IA sería: distribuirlos hasta que en todas las actividades el beneficio obtenido del último peso gastado (el beneficio marginal) se iguale, en el máximo valor posible.

En la práctica no es posible seguir este principio, entre otras razones porque las actividades de IA no son continuas respecto a la inversión, es decir, los proyectos solo tienen un rango discreto, en vez de continuo, de beneficios marginales. Solo bajo circunstancias excepcionales los beneficios marginales coinciden. Así que una segunda mejor alternativa consiste en: establecer una priorización de actividades, de acuerdo con las medidas de rentabilidad disponibles, y un criterio para asignar recursos entre proyectos de manera "óptima".

3.5.1. Criterios de decisión para aceptar proyectos

Primero se discutirán los criterios de decisión involucrados en cada uno de los indicadores de rentabilidad considerados hasta ahora para aceptar proyectos:

- (1) Respecto al VNA, se consideran rentables los proyectos cuyo VNA es positivo, evaluados con una tasa de descuento establecida previamente.
- (2) Cuando se calcula la TIR, solamente se aceptan proyectos cuya TIR sea mayor que una tasa de descuento fijada de antemano.
- (3) Con la relación beneficio-costos, solo se consideran rentables los proyectos cuyo coeficiente B / C sea mayor que uno, según la tasa de descuento elegida.

Una pregunta que surge ahora es: ¿Para evaluar el VNA y la relación B / C , cuál es la tasa de descuento apropiada? De acuerdo con Gittinger 1982, para el análisis económico debería elegirse el costo de oportunidad del capital⁴. En la práctica no se conoce dicho costo, sin embargo, para países en vías de desarrollo se asume entre 8% y 15% y frecuentemente se elige 12% (Gittinger, *op.cit.*, p. 314).

³ En el artículo de Bredhal y Peterson no se calculan estas tasas internas de retorno por rubro y Estado. Solamente se estima la productividad marginal de la investigación por rubro y Estado para un año (1969).

⁴ Es la tasa de descuento que induce a utilizar todo el capital existente en la economía, si se desarrollan todos los posibles proyectos cuya tasa de retorno es mayor o igual a dicha tasa.

3.5.2. Priorización de proyectos

Como se mostró en el cuadro 3.1, es posible que el orden de rubros de IA (y extensión) que se obtiene a partir de un indicador de rentabilidad varíe conforme cambie el indicador en cuestión. Así, surge la pregunta: ¿Cuál de los indicadores es el más adecuado para priorizar los distintos rubros de investigación agropecuaria (y extensión)?

Aunque la priorización de proyectos con el mismo orden de la relación beneficios-costos, B / C , es recomendada para tomar decisiones de inversión (por ej. Stevens y Jabara, 1988, pág. 166), esta priorización no es confiable; porque proyectos pequeños con una alta rentabilidad por peso invertido pueden generar menos beneficios (globales) que proyectos grandes con una baja rentabilidad por peso invertido. En efecto, como se muestra en el cuadro 3.1: el tomate tiene una mayor relación B / C que la manzana; sin embargo, la última tiene un VNA mayor que la primera.

La tasa interna de retorno tampoco es un indicador confiable para ordenar proyectos pues (1) puede ser no única, un proyecto puede tener más de una TIR y se presentaría el problema de cuál elegir; (2) el que un proyecto tenga una TIR más alta que otro no necesariamente indica que sea más rentable, como se muestra en el cuadro 3.1, la lechuga tiene una mayor TIR que los cítricos, pero éstos superan a la primera en VNA.

Por último, ya que el VNA es una medida absoluta, no relativa, no es adecuado para priorizar proyectos independientes⁵. En efecto un proyecto pequeño pero atractivo puede tener un VNA menor que un proyecto grande, que es marginalmente aceptable (Gittinger *op.cit.*, p. 329).

Ya que las medidas de rentabilidad no siempre son adecuadas para priorizar proyectos de IA (y extensión), se sugiere utilizar otra medida para priorizar proyectos independientes.

De acuerdo con Gittinger una medida confiable, salvo en casos muy excepcionales, es la relación beneficios netos e inversión, N / K , que se define como: la razón del valor actual de los beneficios netos a partir del año que son positivos por primera vez, digamos t_0 ($B_t - C_t$, $t = t_0, \dots, T$); entre el valor presente de los beneficios netos (negativos) de los años anteriores. Es decir:

$$(3.7) \quad N / K = \left\{ \sum_{t=t_0}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \right\} / \left\{ \sum_{t=0}^{t_0-1} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \right\},$$

Con esta medida de rentabilidad, se siguen los siguientes criterios para elegir y priorizar proyectos independientes⁶:

⁵ Un grupo de proyectos es independiente si todos ellos pueden implementarse potencialmente; en el sentido que la implementación de uno no necesariamente elimina la de otro del grupo. En contraste, dos proyectos son mutuamente excluyentes si la implementación de uno implica la eliminación automática del otro, como cuando un proyecto de irrigación pequeño, elimina la implementación de uno grande en el mismo lugar.

⁶ Para priorizar proyectos que son mutuamente excluyentes se recomienda priorizar mediante el VNA, evaluado a la tasa que refleja el costo de oportunidad del capital (Gittinger, *op.cit.*, p. 373)

(1) todos los proyectos que tengan una relación N / K mayor que uno, cuando son descontados al costo de oportunidad del capital, son aceptados; y, (2) son jerarquizados en orden decreciente, se empieza con el que tiene mayor relación N / K y se procede así hasta que se agotan los fondos para inversión (Gittinger, *op.cit.*, p. 349).

Al usar estos dos criterios puede resolverse el dilema que se presenta en el cuadro 3.1. y determinar la priorización más adecuada.

Cabe señalar que al elegir proyectos de acuerdo con la relación N / K maximiza el beneficio por cada peso invertido, lo que a su vez hace que el VNA total (i.e. la suma de los VNAs) del grupo de proyectos elegidos alcance el máximo (es decir es mayor que el valor presente de cualquier otro grupo de proyectos elegidos) sujetos al presupuesto disponible.

3.6 Recolección de datos e implementación de modelos

Con el fin de implementar los modelos considerados en este capítulo, para priorizar la IA, se sugiere seguir los siguientes pasos:

Paso 1. Recolección de información.

Cada modelo requiere diferentes datos para poder implementarse. Primero debería de elaborarse una lista de productos y años sobre los que se requiere información; cuando sea el caso, como en el modelo de Araji, Smith y Gardner debe hacerse un listado de proyectos, o incluir además de los productos un listado de regiones, como en el modelo de Davis y Oram y Ryan, 1987 (Este modelo se discute en el anexo 1). En los cuadros 3.2 a 3.4 se presenta una guía sobre el tipo de información que debe recolectarse para implementar cada modelo. Estos cuadros también pueden servir como base para recolectar información de extensiones, combinaciones o modificaciones de los modelos discutidos en este y los demás capítulos.

Paso 2. Cálculo de indicadores de rentabilidad.

Con excepción del modelo de Bredhal y Peterson, para los modelos considerados en este capítulo y el anexo 1, es posible calcular - por ejemplo, mediante hojas electrónicas como 123 de @Lotus- el VNA, la TIR, la relación B/C , y la relación N/K .

Tal como se ejemplificó con el modelo de Ramalho de Castro y Schuh, en el caso de los modelos de excedentes económicos (explícitos), para calcular los beneficios por año, B_t , debe: (1) asumirse fórmulas específicas de las curvas de oferta y demanda⁷; así como (2) estimarse desplazamientos periódicos de dichas curvas (generados por la difusión, depreciación de nueva tecnología y cambios en la población). Por otra parte, para cada modelo debe estimarse la duración, T , y costo anual de investigación, C_t . Así, al asumir cierta tasa de descuento podrán estimarse los indicadores de rentabilidad pertinentes.

⁷ Varias especificaciones de curvas de oferta y demanda se presentan, por ejemplo, en Norton y Davis, 1981 y en Norton, Ganoza y Pomareda, 1987.

Las medidas de rentabilidad del modelo de Araji, Sim y Gardner se calculan mediante las fórmulas del anexo 2 aplicadas al tipo de información señalada en el cuadro 3.3.

Para el modelo de Peterson y Bredhal es necesario estimar funciones de producción para los rubros elegidos en cada Estado o Región, mediante por ejemplo, el paquete para cálculos econométricos @TSP ("Time Series Processor") de TSP International. El tipo de datos utilizados, que se muestran en el cuadro 3.4., deben reflejar las cantidades físicas de productos e insumos empleados en la producción.

Una vez ya estimadas las funciones de producción, se obtiene a partir del coeficiente de investigación, la productividad marginal de la investigación para cada rubro y cada Estado o región considerado. (véase Peterson y Bredhal *op. cit.* pág. 688). Finalmente, a partir de estas productividades, se obtiene una tasa de retorno a partir de la ecuación (3.6); para lo cual debe contarse, para cada rubro, con información sobre el número de períodos posteriores ("lag structure") en los que la investigación del período actual afecta a la producción.

Paso 3. Establecimiento de Prioridades y asignación de Recursos.

Como se mencionó anteriormente, se recomienda utilizar la relación N/K para establecer prioridades y asignar recursos entre proyectos.

También pueden realizarse pruebas de sensibilidad al variar el valor, *ceteris paribus*, de cada uno de los parámetros para determinar las variaciones de la relación N/K y así discernir en qué grado la priorización obtenida depende del valor de cierto parámetro en particular.

CUADRO 3.2

MODELO DE EXCEDENTES ECONOMICOS ECONOMIA CERRADA (Modelos de Ramalho de Castro y Schuh y Norton et.al., 1987)					
DATOS POR PRODUCTO					
Fuentes: Secundarias		Fuentes: Primarias o secundarias (Si los datos (3) y (4) no están disponibles, las elasticidades pueden tratarse hipotéticamente, al darles valores arbitrarios)		Datos: hipotéticos	
(1) Nivel de producción nacional	(2) *Precio promedio	(3) Elasticidad de la demanda	(4) * oferta	(5) Dezplazamiento de la oferta	(6) *demanda
Observaciones:					
<ol style="list-style-type: none"> Los datos (1) a (4) se refieren al año anterior al desplazamiento de la curva de oferta; los datos (5) y (6) pueden variar anualmente. Además deben recolectarse datos sobre costos anuales de investigación, duración total del proyecto y costos de implementación de la nueva tecnología. Para hacer el análisis todavía más realista pueden incluirse datos sobre probabilidad de éxito de la investigación y tasas de adopción El análisis puede extenderse a economías abiertas, en tal caso se deberían incluir volúmenes de exportaciones e importaciones y sus respectivos precios. 					

CUADRO 3.3

MODELO DE ARAJI, SIM Y GARDNER	
DATOS POR PRODUCTO Y TECNOLOGIA (J)	
Fuentes: Secundarias o Primarias	Fuentes: Primarias (La siguiente información debe estimarse a través de entrevistas con personal directamente involucrado en actividades o administración de I & E)
(1) Tasa social de retorno r	(3) Número de años en los que la I & E afecta al producto considerado $N (t = 1, 2, \dots, N)$
(2) Precio por unidad en el año base V_0	(4) Producción total que se espera afectar por la nueva tecnología j, en el año A_{jt}
	(5) Cambio esperado en la productividad del producto considerado en el año t, como consecuencia de implementar la nueva tecnología j en el año t P_{jt}
	(6) Precio esperado del producto afectado por la nueva tecnología j en el año t. V_t
	(7) Cambio esperado en el costo unitario de producción del producto afectado por la tecnología j en el año t. C_{jt}

(Continuación 2/2)

MODELO DE ARAJI, SIM Y GARDNER

DATOS POR PRODUCTO Y TECNOLOGIA (J)

Fuentes:
Secundarias
o
Primarias

Fuentes:
Primarias

(La siguiente información debe estimarse a través de entrevistas con personal directamente involucrado en actividades o administración de I & E)

(8)

Probabilidad de que la nueva tecnología tenga éxito y sea adoptada en el año t
 $P(A_t \cap S_t)$

(9)

Costo para mantener la investigación requerida, en el año t, con el fin de sostener los volúmenes de producción previamente alcanzados
Mjt.

(10)

Costo incurrido en implementar la nueva tecnología j en el año t
Ijt.

(11)

Costo de extensión incurrido para transferir la tecnología j al agricultor en el año t
Ejt.

(12)

Inversión durante el año t en investigación en la tecnología j
Rjt.

Observaciones:

1. Los datos (4) al (11) deben recolectarse para los N años que dura el proyecto de I & E

(Continuación 3/8)

MODELO DE BREDAHL Y PETERSON

DATOS POR TIPO DE PRODUCTO
(LACTEOS)

Fuentes:

Secundarias o primarias

(En países latinoamericanos, lo más probable es que la mayoría de la siguiente información deba obtenerse de fuentes primarias. Más precisamente, a través de cuestionarios a productores).

Los siguientes datos pueden considerarse en unidades monetarias, y usar índices de precios para deflactar los datos cuando se consideren varios años o períodos

datos requeridos por finca i , y por período t
($i = 1, 2, \dots, n$)
($t = 1, 2, \dots, m$)

(1) Valor de la producción por período	x
(2) Tipos de trabajo, horas trabajadas por cada tipo en la producción de lácteos, y salarios de cada tipo	x
(3) Valor de la tierra y edificios utilizados en la producción de lácteos, en el período considerado	x
(4) Número de vacas lactantes y precios de las mismas	x
(5) Valor de los alimentos comprados y producidos	x
(6) Valor de hectáreas de pastos utilizados	x

(Continuación 8/8)

*
*
MODELO DE BREDAHL Y PETERSON
*
**
*
DATOS POR TIPO DE PRODUCTO
(AVES)
*
**
*
Fuentes:
Secundarias o primarias
*
**
*
(6)
Gastos (por región, a nivel nacional, o por unidad productora)
de la I & E que afecta a la producción en cuestión
*
**
*
(7)
Número de períodos de "retraso" de la investigación, Tj. Este
dato se refiere al número de períodos posteriores, en los que
la investigación afecta a la producción, una vez terminada la
primera
*
**
*
Observaciones:
*
*

1. Los datos (1) al (6) pueden recolectarse para un solo período.
 2. Conviene obtener los precios -de los productos e insumos considerados en (1) al (5)- por regiones, a fin de construir índices que eliminen variaciones interregionales.
- *
-
- *

CAPITULO 4. METODOS UNIDIMENSIONALES DE PRIORIZACION

En contraste con el método de scoring, que establece PIAs mediante objetivos y criterios múltiples, algunos métodos establecen jerarquías de investigación -por productos y áreas de investigación- mediante una sola meta o un solo criterio; y también -por problemas específicos- para un solo producto. Desde luego que la "unidimensionalidad" de los métodos no implica que sean sencillos de aplicar, sino más bien que tienden a contestar preguntas específicas.

Al respecto, este capítulo presenta una serie de trabajos, representativos de la literatura de PIAs, que ilustran la aplicabilidad y utilidad de dichos métodos.

Primeramente se discuten dos métodos que establecen PIAs uno de acuerdo con el valor de la producción y el otro mediante un coeficiente para estimar la ventaja comparativa.

Posteriormente se discute un modelo que establece jerarquías de IA con el fin de mejorar el estado nutricional de grupos vulnerables de la población.

También se presenta un método para determinar la asignación (implícita) de prioridades de investigación agropecuaria, mediante el análisis del presupuesto asignado a varios rubros de producción y disciplinas durante cierto período en un centro de investigación.

Finalmente, se consideran los lineamientos de una metodología que provee información para establecer prioridades de investigación de los problemas agroeconómicos que afectan a un solo producto.

4.1. Modelo de congruencia o "paridades"

Uno de los modelos más simples no solo para establecer prioridades, sino de una vez asignar recursos a la IA, es el de congruencia (o "paridades"). En él se asignan recursos a la IA de productos, en la misma proporción que el valor de su producción. Por ejemplo, si el valor de la producción del arroz es de 20% del valor total de la producción agropecuaria, entonces el 20% del total de los gastos en IA se destinarían a la investigación en arroz; y así sucesivamente para cada producto. Tal asignación se llama "asignación de congruencia perfecta".

De acuerdo con Ruttan (1982), este modelo se basa en dos supuestos: (1) la investigación es igualmente productiva en todos los productos; y (2) el valor de las innovaciones es proporcional al valor de la producción. Desde luego, estos dos supuestos no son válidos en la vida real; además discriminan contra productos cuya producción tiene poco valor actual, pero cuya investigación tiene una alta rentabilidad potencial.

No obstante, la principal utilidad del modelo se deriva, no tanto en asignar recursos, sino en establecer un punto de partida para justificar y/o racionalizar asignaciones de recursos de IA que difieran de la de congruencia perfecta.

Por ejemplo, al comparar una asignación como la ilustrada por los puntos en la figura 4.1. con la de congruencia perfecta; se requiere desarrollar una justificación de por qué la relación

"(gastos en investigación) / (valor de producción)" es alta para algunos rubros, como el representado por el punto A; y baja para otros rubros, como el representado por el punto B¹.

4.2. Priorización según ventaja comparativa

Antes de presentar la definición de ventaja comparativa como se emplea aquí, conviene dar las definiciones de costo de oportunidad y de precio frontera.

El costo de oportunidad de un recurso escaso es el beneficio que se pierde por usarlo para cierto propósito, en lugar de la mejor alternativa. Por ejemplo (Gittinger *op.cit.*, p. 489), si un agricultor cultiva arroz y maíz, pero solo aplica fertilizante al cultivo de arroz; el costo de oportunidad de determinada cantidad de fertilizante, que se transfiere al cultivo de maíz, es igual al valor de la producción de arroz que se pierde por reducir dicha cantidad de fertilizante en su cultivo.

El precio frontera de un bien que se importa o exporta, se define como su precio CIF o FOB ajustado por costos de transporte y procesamiento (si lo hay), y por los márgenes de comercialización y ganancia, en cierto punto de la cadena de comercialización. Por ejemplo, el precio frontera de 1 Tm de arroz en granza de exportación en la puerta de la finca, es igual a su precio FOB en el puerto de embarque (del mismo país) menos: el costo de transporte, el margen de comercialización y el margen de ganancia; que se generan por movilizar dicha tonelada métrica de arroz de la puerta de la finca al puerto de embarque.

De acuerdo con Pearson, Akrasanee y Nelson (1976) un país tiene ventaja comparativa en la producción de un bien *i*, si y sólo si el costo (social) de oportunidad de producir una unidad adicional de *i* es menor que su precio frontera.

A partir de la definición anterior Pearson y asociados muestran que la ventaja comparativa de la actividad *i* puede medirse comparando dos indicadores: el costo doméstico de los recursos de producir una unidad adicional de *i*, (CDR_i); y, el tipo de cambio sombra (TCS) o precio sombra de la divisa (más adelante se aclara sobre esta comparación).

El CDR_i puede expresarse como

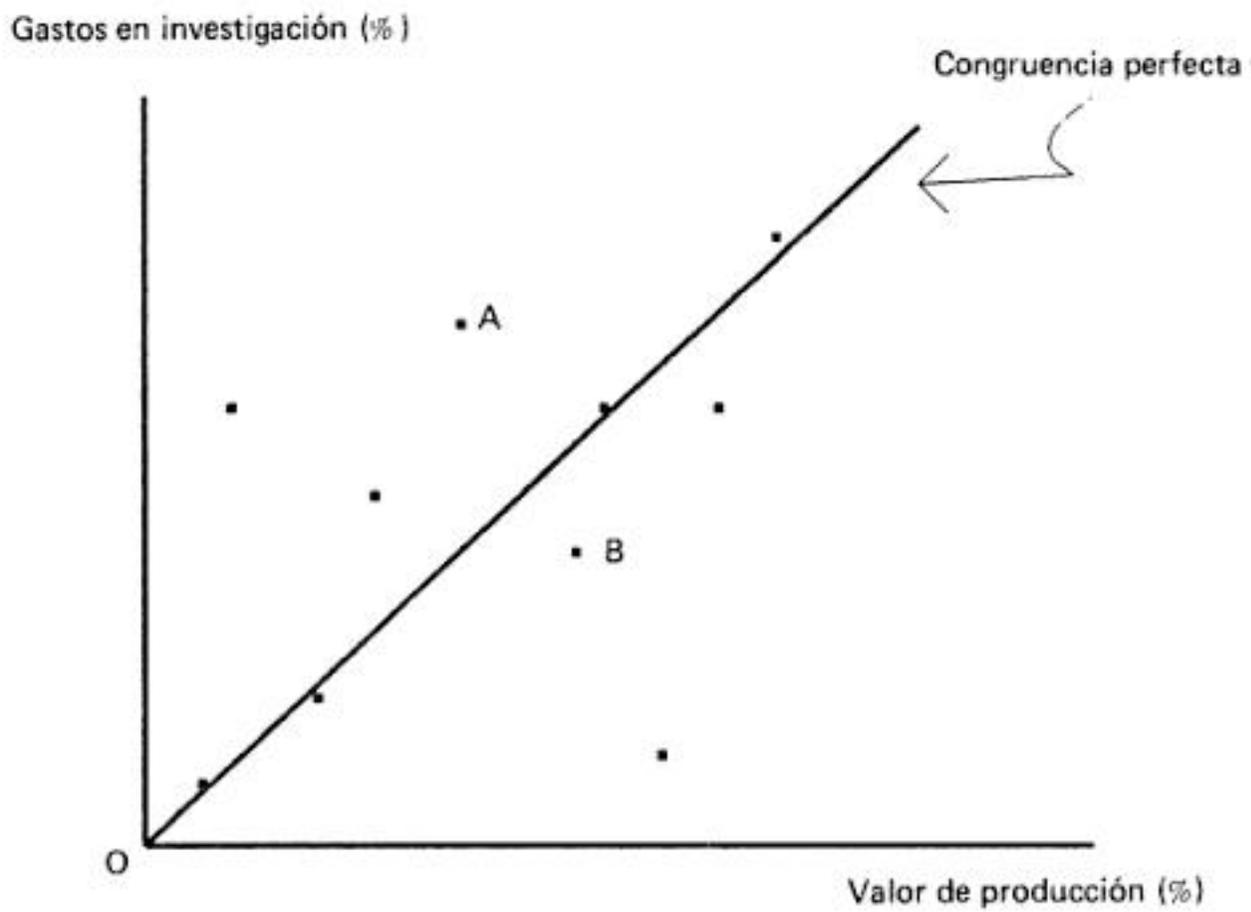
$$(4.1) \quad CDR_i = DC_i / VA_i^b, \text{ donde}$$

DC_i = costo de oportunidad de los recursos primarios domésticos (trabajo, capital, tierra y agua) empleados en la producción de una unidad de *i*.

VA_i^b = valor agregado, evaluado a precios frontera, de la actividad *i* (en moneda extranjera, por ejemplo en dólares) = precio frontera (en dólares) de una unidad de *i* menos costo (en dólares) de insumos empleados (evaluados a precios frontera) para producirla.

¹ A pesar de la simplicidad conceptual del modelo, su aplicabilidad no resulta trivial pues, como Ruttan señala el proceso de asignar recursos a la IA requiere asignaciones en cuatro dimensiones (1) entre productos; (2) entr. categorías de recursos (tales como suelos, trabajo); (3) entre etapas del proceso de producción; y, (4) entre disciplinas. El modelo de congruencia puede ser aplicado a cualquiera de estas dimensiones o a una combinación de ellas.

FIGURA 4.1. MODELO DE CONGRUENCIA O "PARIDADES"



Por ejemplo, si el costo doméstico de oportunidad de los recursos primarios para producir una tonelada métrica de arroz es de 10 000 pesos, mientras que su precio frontera es de \$250 y el costo de insumos importados, para producir la misma es de \$50, entonces el CDR en la producción de arroz es de 50 pesos por dólar.

Así, el CDR_i puede interpretarse como un tipo de cambio para la actividad i , que indica cuantos recursos domésticos se requieren para generar o ahorrar una unidad de moneda extranjera en dicha actividad. Por otra parte, el tipo de cambio sombra, TCS, indica cuantos recursos la economía, como un todo, está dispuesta a ceder para obtener o ahorrar una unidad de moneda extranjera. De esta manera, existe ventaja comparativa en la actividad i si y sólo si: $CDR_i < TCS$, equivalentemente, $CDR_i / TCS < 1$.

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

Al usar este método para priorizar la IA, resulta que la prioridad de productos aumenta conforme su indicador CDR disminuye y más recursos debería destinar el país a su investigación.

Como señalan Contant y Bottomley (1988), el problema de este método es que solo se aplica para comparar ventajas comparativas de productos en el mismo instante de tiempo. Aunque el método puede ser extendido para analizar ventajas comparativas dinámicas, la aplicación requiere más datos y más habilidad analítica para implementarlo.

4.3. Priorización con miras a mejorar el estado nutricional

Pinstrup-Andersen, Londoño y Hoover (1976) establecen PIAs por productos; por medio de calcular la reducción en la deficiencia calórica y/o protéica de grupos de población vulnerables, tal reducción es causada por un incremento de la oferta del producto en cuestión, generada por la investigación en el mismo.

4.3.1. El modelo

Para obtener los cálculos de las reducciones mencionadas se realizan una serie de pasos que se describen, heurísticamente, enseguida².

1. Primeramente, se divide la población de la muestra estudiada en estratos de ingreso. 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: (1) su propio precio $e_i(m)$; y, (2) el precio de otro bien j , $e_{ij}(m)$.⁴

² Para una descripción más detallada véase Medina Castro y Rodríguez Meza, 1988.

³ Las fórmulas para obtener los cambios pueden consultarse en el anexo 3.

⁴ Las definiciones de elasticidad se presentan en el capítulo 2

Al promediar (con ponderadores, según el tamaño de estrato) las elasticidades de los diferentes estratos se obtienen nuevas estimaciones de elasticidades, para toda la población: (1) e_i y (2) e_j .

2. El procedimiento para calcular el cambio en el consumo de calorías y proteínas de cada estrato -generados por el desplazamiento de la curva de oferta del bien i - 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 el cual los consumidores y productores individualmente no afectan los precios y poseen información completa sobre las variables relevantes del mercado (precios y cantidades).

El proceso empieza cuando, inducida por un cambio tecnológico, se desplaza la curva de oferta del bien i (como en la figura 3.2); 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 la elasticidad de la demanda de i con respecto a su propio precio e_i (veánse figuras 3.2a y 3.2b). Desde luego que los nuevos precio y cantidad producida y vendida de i también dependen de la elasticidad de la oferta del bien i .

Puesto que la demanda de un bien depende de su propio precio y los precios de los demás bienes (por ejemplo la demanda de margarina también depende del precio de la mantequilla), 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, ya que en este modelo, el precio de un bien se determina por la intersección de las curvas de oferta y demanda; al cambiar esta última, nuevas cantidades Q_j^1 y precios P_j^1 resultan para los bienes j ($j \neq i$). Los niveles de cada uno de estos nuevos precios y cantidades dependen de cada una de las elasticidades del bien j con respecto al precio de i , e_{ij} (y la elasticidad de cada curva de oferta del bien j).

Similarmente, los cambios en los precios de otros bienes j ($j \neq i$) desplazan, a su vez, 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).

3. El cambio en calorías y proteínas consumidas en cada estrato de ingreso m -generado por el desplazamiento de la curva de oferta del bien i - se establece en función de varios parámetros⁵.

⁵ (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 , respecto a su propio precio y el de los otros bienes; (3) las elasticidades de las curvas de oferta del bien i y de los demás bienes j ; y, (4) las cantidades consumidas inicialmente, en cada estrato de ingreso m , del bien i y de los otros bienes j .

4. Finalmente -a partir de: (1) los datos del consumo promedio de calorías y proteínas en cada estrato y, (2) de los cambios ya calculados en el consumo de calorías y proteínas en ellos- se obtiene, al comparar con los requerimientos nutricionales en cada estrato, la reducción en la deficiencia calórica y protéica para cada uno de ellos.

4.3.2. Resultados empíricos.

Los resultados obtenidos en Pinstup-Andersen *et. al.* se calcularon para una muestra dividida en cinco estratos de la población de Bogotá, Colombia. Se consideraron 22 productos y se simularon 6 diferentes escenarios; estos últimos 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, se presenta uno de los 6 escenarios analizados. En éste se asume que la elasticidad de la oferta es cero (es decir, la curva de oferta es vertical, como en la figura 3.4), y además que: iguales incrementos porcentuales en la oferta de cualquiera de los alimentos considerados se obtienen al incurrir el mismo costo de investigación.

De los estratos estudiados (cinco) el número I, 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 4.1 se muestra para cada producto la reducción en la deficiencia calórica en el estrato I causada por un incremento del 10% en su oferta.

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

Así se determinan las prioridades, por producto, cuando el objetivo es mejorar la nutrición mediante el aumento en el consumo calórico, como se presentan en el cuadro 4.1.

Diferentes priorizaciones resultan bajo diferentes escenarios y por consiguiente se obtienen resultados más generales cuando se consideran todos a la vez.

CUADRO 4.1

PRIORIDADES DE INVESTIGACION CON MIRAS A MEJORAR EL ESTADO NUTRICIONAL MEDIANTE EL INCREMENTO EN CALORIAS EN EL ESTRATO MAS VULNERABLE (1).

ALIMENTO	% reducción deficiencia de CALORIAS	PRIORIDAD
Arroz	18.22	1
Azúcar	17.64	2
Maíz	16.22	3
Yuca	9.78	4
Plátano	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
Arvejas	-0.19	18

FUENTE: Pinstруп-Andersen, Londoño, y Hoover (1976).

4.4. Priorización implícita

Aún cuando el proceso de establecer PIAs no sea explícito y no este formalmente institucionalizado en algunos Institutos de Investigación Agropecuaria, es posible -al examinar series históricas de asignaciones de recursos a la IA de rubros de producción, disciplinas, programas o proyectos- determinar (*ex-post*) la importancia que asigna la institución a diferentes categorías de investigación. Es decir, se pueden establecer prioridades implícitas. Estas proveen información de utilidad para analizar, por ejemplo, la factibilidad de reasignar recursos a la IA⁶.

Ardila y Londoño (1976) proponen un método para determinar prioridades implícitas de IA -por rubro de producción o disciplina- por medio de examinar el presupuesto destinado a diversos rubros o disciplinas durante varios años, en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA); que destina recursos a varios programas de IA. El procedimiento es como se indica enseguida.

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 segundo lugar, se asigna un puntaje anual a cada rubro (o disciplina). En cada año: al rubro (o disciplina) con el más alto presupuesto se le da un puntaje de n, al que tiene el segundo más alto presupuesto se le asigna un puntaje de n-1, y así sucesivamente, hasta asignar un puntaje de 1 al que tiene el n-ésimo presupuesto.

⁶ Dos series históricas útiles para este propósito son las horas-investigador y el presupuesto por categoría considerada.

Finalmente, para cada rubro (o disciplina), se suman los puntos de cada año para obtener su puntaje definitivo durante el período analizado; este último determina su prioridad. Así el rubro (o disciplina) con mayor puntaje es al que se le asigna la mayor prioridad, y así sucesivamente. Los puntajes y prioridades de los rubros considerados en el ICA se muestran en el cuadro 4.2.

CUADRO 4.2.

PRIORIDADES DE INVESTIGACION IMPLICITAS POR RUBRO Y DISCIPLINA EN EL I.C.A.

	PUNTAJE ANUAL							PUNTAJE TOTAL	PRIORIDAD
	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975		
SECTOR AGRICOLA:									
Cereales	13	13	13	13	13	13	12	90	2.
Fibras textiles	1	4	5	8	3	2	2	25	13.
Raíces y tubérculos	4	7	10	8	7	8	8	52	7.
Leguminosas y oleaginosas	6	5	1	8	6	7	5	38	9.
Hortalizas y frutales	8	8	6	9	9	9	3	52	7.
Cultivos industriales	12	12	12	12	12	11	11	82	3.
Pastos y forrajes	7	6	7	2	4	3	4	33	10.
Disciplinas de apoyo	14	14	14	14	14	14	14	98	1.
SECTOR PECUARIO:									
Bovinos (carne)	9	9	10	5	10	6	9	58	6.
Bovinos (leche)	11	10	8	10	8	10	10	67	5.
Aves	2	3	4	4	2	4	7	26	12.
Porcinos	5	2	1	3	5	5	6	27	11.
Ovinos y caprinos	3	1	3	1	1	1	1	11	14.
Disciplinas de apoyo	10	11	11	11	11	12	13	79	4.

Fuente: Ardila y Londoño (1976). Tabla 17.

4.5. Priorización de problemas de un solo producto.

En contraste con los cuatro métodos anteriores que establecen PIAs, de productos o áreas de investigación, al considerar un solo criterio o un solo objetivo, es posible establecer PIAs de problemas que restringen la producción de un solo producto. Un ejemplo de cómo podría aplicarse tal método lo ilustran Pinstrup-Andersen, y Díaz (1975).

La metodología propuesta -para el cultivo de la yuca en Colombia- combina el análisis agroeconómico con experimentos agrobiológicos con el fin de generar información útil para identificar problemas que restringen la producción y productividad; y, estimar las implicaciones que tendría el remover tales problemas.

Para lograr lo anterior, se levanta un censo (o una muestra) agroeconómico en las fincas que cultivan yuca en 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 mismo⁷;

(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.

Se sugiere, a partir de la información proporcionada por el análisis agroecómico, 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.

Dichas estimaciones (o relaciones de costo beneficio derivadas de ellas) permitirían establecer prioridades, de investigación en diferentes disciplinas, relacionadas con los problemas hallados.

Por ejemplo, para cada problema podría estimarse la relación N / K , como en el capítulo 3, y así establecer prioridades según esta relación, como se indica en el cuadro 4.3.

CUADRO 4.3

PRIORIDADES DE INVESTIGACION DE PROBLEMAS DE UN SOLO PRODUCTO		
PROBLEMAS	Relación N/K	PRIORIDAD
Problema 1	$(N/K)_1$	P_1
Problema 2	$(N/K)_2$	P_2
·	·	·
·	·	·
Problema M	$(N/K)_M$	P_M

4.6. Recolección de datos e implementación de modelos

Para implementar algunos de los modelos discutidos en este capítulo se recomienda seguir los siguientes pasos:

Paso 1. Recolección de información.

En los cuadros 4.4 a 4.7 se presentan guías sobre el tipo de información requerida para implementar cada modelo seleccionado.

⁷ Estos términos se definen en Pinstруп-Andersen y Díaz, *op. cit.*

Paso 2. Cálculo de prioridades.

(1) CDR:

Para calcular el CDR_i del producto i-ésimo, de acuerdo con la definición dada en Scandizzo y Bruce (1980, fórmula (11), pág. 19), debe contarse con su respectiva estructura de costos de producción en una unidad productora típica; de dicha estructura se obtienen los coeficientes de requerimientos de insumos transables por unidad de producción. Los cálculos requeridos por este método pueden realizarse con la ayuda de una hoja electrónica, como la 123 de @LOTUS. Un ejemplo del procedimiento seguido para calcular el CDR de productos agrícolas se muestra en Medina Castro y Rodríguez Meza, 1988. El tipo de información adicional requerida se lista en el cuadro 4.4.

(2) Mejoramiento del Estado Nutricional:

Las fórmulas para efectuar los cálculos requeridos para establecer prioridades se presentan en el anexo 3; se tendría que elaborar un programa de computación (por ejemplo en Turbo-Pascal) para efectuar dichos cálculos.

La implementación del modelo requiere de datos socio-económicos y de consumo, de una serie de alimentos seleccionados, de una muestra de familias, elegidas mediante muestreo estratificado, de cierta población. Cabe señalar que, generalmente, los datos sobre precios y cantidades de consumo de alimentos por las familias elegidas tendrían que seleccionarse en dos épocas distintas para así estar en condiciones de estimar la elasticidad de la demanda de cada producto considerado. La información requerida para implementar el modelo se muestra en el cuadro 4.5.

(3) Priorización implícita:

Para calcular prioridades solo se requiere contar con el tipo de datos señalados en el cuadro 4.6 y proceder como se indicó en el texto.

(4) Priorización por problema específico:

La metodología propuesta por Pinstup-Andersen y Diaz op.cit. consiste básicamente en un método para generar información para establecer PIAs de áreas de investigación en un solo producto. El tipo de información requerida se muestra en el cuadro 4.7.

CUADRO 4.4.

* METODO DE PRIORIZACION SEGUN VENTAJA COMPARATIVA *	
* DATOS POR PRODUCTO *	
* Fuentes: Primarias o secundarias *	* Fuentes Primarias o secundarias *
* Datos necesarios para calcular el CDR *	
* Datos a nivel micro (estructura de costos) *	
(1) Precio frontera por unidad (precio CIF o FOB, dependiendo del producto, ajustado al punto elegido de la cadena de comer- cialización en cuestión)	
(2) Rendimiento por hectárea	
* - - - - - *	
Precios frontera y Coeficientes de requerimientos internacionales de insumos transables (importables o ex- portables) por unidad de producto o por hectárea:	
(3) Precios frontera y coeficientes de agroquímicos	
(4) Precios frontera y coeficientes de fertilizantes	
(5) Precios frontera y coeficientes de semillas	

(Continuación 2/2)

METODO DE PRIORIZACION SEGUN VENTAJA COMPARATIVA	
DATOS POR PRODUCTO	
Fuentes: Primarias o secundarias	Fuentes Primarias o secundarias
(6) Precios frontera y coeficientes de materiales (incluye refacciones de maquinaria y energía)	
Datos a nivel macro o regional	
(7) Precios sombra de los insumos primarios no transables (tierra capital y trabajo); o bien, estimación del valor del producto marginal de dichos insumos en su uso alternativo promedio, por hectárea	
(8) Precio sombra de la divisa	
Observaciones:	
1. El cálculo de valores del producto marginal de la tierra y capital involucra contar con datos referentes a, respectivamente: (1) productividad marginal de la tierra en los principales cultivos alternativos; y, (2) tasa social de descuento, tasas de interés en el mercado y depreciación de maquinaria y equipo.	

CUADRO 4.5.

MODELO DE PINSTRUP-ANDERSEN, LONDOÑO Y HOOVER		
DATOS POR: 1) PRODUCTO; 2) ESTRATO; 3) FAMILIA; y, 4) PER CAPITA		
Fuentes: Secundarias o Primarias	Fuentes: Primarias	Datos Hipotéticos
Datos para cada producto seleccionado		
(1) Cantidad de proteínas por unidad		
(2) Cantidad de calorías por unidad		
	Datos por estrato de ingreso	
	(3) Número de estratos	
	(4) Rangos de ingreso de cada estrato	
	(5) Número de personas en cada estrato	

(Continuación 2/4)

MODELO DE PINSTRUP-ANDERSEN, LONDOÑO Y HOOVER		
DATOS POR: 1) PRODUCTO; 2) ESTRATO; 3) FAMILIA; y, 4) PER CAPITA		
Fuentes: Secundarias o Primarias	Fuentes: Primarias	Datos Hipoté- ticos
	Datos por familia (obtenidos mediante cuestionario)	
	(6) Cantidades consumidas por mes (o por semana) de cada uno de los bienes considerados.	
	(7) Precios pagados por mes (o por semana) de cada uno de los bienes considerados.	
	(8) Gasto total mensual (o semanal) en alimentos (incluye alimentos no seleccionados).	
	(9) Ingreso mensual (o semanal) de la familia.	
	(10) Tamaño y distribución de edades de los miembros de la familia.	

(Continuación 3/4)

MODELO DE PINSTRUP-ANDERSEN, LONDOÑO Y HOOVER		
DATOS POR: 1) PRODUCTO; 2) ESTRATO; 3) FAMILIA; y, 4) PER CAPITA		
Fuentes: Secundarias o Primarias	Fuentes: Primarias	Datos Hipotéticos
Datos per cápita (promedio por estrato)		
(11) Requerimientos de calorías diarias per cápita		
(12) Requerimientos de proteínas diarias per cápita		
	Datos per cápita (promedio por estrato)	
	(13) Ingesta de calorías diarias per cápita	
	(14) Ingesta de proteínas diarias per cápita	

(Continuación 4/4)

MODELO DE PINSTRUP-ANDERSEN, LONDOÑO Y HOOVER		
DATOS POR: 1) PRODUCTO; 2) ESTRATO; 3) FAMILIA; y, 4) PER CAPITA		
Fuentes: Secundarias o Primarias	Fuentes: Primarias	Datos Hipotéticos
		(15) Desplazamiento de la oferta
Observaciones: 1. Los datos (6)-(9) deben obtenerse mediante cuestionarios a familias en dos períodos diferentes con un intervalo de, por ej., 6 a 8 meses. 2. Los datos (13) y (14) pueden obtenerse al combinar los datos (1) y (2) con (6).		

CUADRO 4.6.

METODO DE PRIORIZACION IMPLICITA (de Ardila y Londoño)	
DATOS POR PRODUCTO Y/O DISCIPLINA	
Fuentes: Secundarias (datos obtenidos del presupuesto de: (1) Ministerios de agricultura, (2) Institutos nacionales de investigación agropecuaria, 3) Estaciones experimentales)	
Datos por producto o rubro de producción	
(1) Presupuesto anual destinado a la investigación agropecuaria, por rubro de producción, durante el período considerado	
	Datos por disciplina o área temática
	(2) Presupuesto anual destinado a la investigación agropecuaria, por disciplina o área temática, durante el período considerado
Observaciones: 1. El período considerado consta de varios años elegidos a conveniencia, pero usualmente incluye los años más recientes de los que se dispone información.	

CUADRO 4.7.

* METODO DE PRIORIZACION DE PROBLEMAS DE UN SOLO PRODUCTO (Pinstrup-Andersen y Díaz) *	
* DATOS DEL PROCESO PRODUCTIVO Y DE FACTORES AGRO-BIOLÓGICOS *	
* Fuentes: Primarias (La información se recolecta mediante un censo agro-económico a productores del rubro de producción seleccionado) *	
* Datos referentes al proceso productivo *	* Datos requeridos por finca i (i = 1, 2, ..., m) *
* a). Estructura del proceso *	
(1) Datos sobre enfermedades (ocurrencia, frecuencia y gravedad; daños de insectos)	x
(2) Deficiencias minerales	x
(3) Presencia de maleza	x
(4) Altitud	x
(5) Calidad de suelos	x
(6) Disponibilidad de agua	x
(7) Descripción del tipo de plantas y del desarrollo de las mismas	x
* *	* *

(Continuación 2/5)

* METODO DE PRIORIZACION DE PROBLEMAS DE UN SOLO PRODUCTO (Pinstrup-Andersen y Díaz) *	
* DATOS DEL PROCESO PRODUCTIVO Y DE FACTORES AGRO-BIOLÓGICOS *	
* Fuentes: Primarias (La información se recolecta mediante un censo agro-económico a productores del rubro de producción seleccionado) *	
* a). Estructura del proceso (los siguientes datos (8)-(15) se obtienen del agricultor) *	* Datos requeridos por finca i (i = 1, 2, ..., m) *
(8) Percepción de los problemas agrobiológicos por el agricultor	x
(9) Precios de insumos y productos y sus fluctuaciones	x
(10) Disponibilidad de insumos (co- merciales, trabajo y crédito)	x
(11) Asistencia técnica	x
(12) Tenencia de la tierra	x
(13) Tamaño de la finca	x
(14) Capital	x
(15) Características socio-económi- cas del agricultor y su familia	x

(Continuación 3/5)

METODO DE PRIORIZACION DE PROBLEMAS DE UN SOLO PRODUCTO (Pinstrup-Andersen y Díaz)	
DATOS DEL PROCESO PRODUCTIVO Y DE FACTORES AGRO-BIOLÓGICOS	
Fuentes: Primarias (La información se recolecta mediante un censo agro-económico a productores del rubro de producción seleccionado)	
b). Conducta del proceso	Datos requeridos por finca i (i = 1, 2, ..., m)
(16) Utilización de la tierra controlada por el agricultor	x
(17) Cultivos hallados en el proceso productivo estudiado	x
(18) Prácticas: de siembra, culturales y de cosecha	x
(19) Utilización de: insumos (tales como fertilizantes y agroquímicos); crédito; y, asistencia técnica	x
(20) Utilización de los productos producidos por el proceso estudiado	x
(21) Características socio-económicas del agricultor y su familia	x

(Continuación 4/5)

* METODO DE PRIORIZACION DE PROBLEMAS DE UN SOLO PRODUCTO (Pinstrup-Andersen y Díaz) *	
* DATOS DEL PROCESO PRODUCTIVO Y DE FACTORES AGRO-BIOLÓGICOS *	
* Fuentes: Primarias (La información se recolecta mediante un censo agro-económico a productores del rubro de producción seleccionado) *	
* c). Desempeño del proceso (Datos sobre los resultados del proceso productivo) *	* Datos requeridos por finca i (i = 1, 2, ..., m) *
Rendimientos (22)	x
Niveles de producción (23)	x
Costos (24)	x
Absorción de empleo (25)	x
Niveles de autoconsumo (26)	x
Variación de rendimientos (riesgo) (27)	x
Ingresos brutos y netos (28)	x

(Continuación 5/5)

* METODO DE PRIORIZACION DE PROBLEMAS DE UN SOLO PRODUCTO (Pinstrup-Andersen y Díaz) *	
* DATOS DEL PROCESO PRODUCTIVO Y DE FACTORES AGRO-BIOLÓGICOS *	
* Fuentes: Primarias (La información se recolecta mediante un censo agro-económico a productores del rubro de producción seleccionado) *	
* d). Objetivos del agricultor *	* Datos requeridos por finca i (i = 1, 2, ..., m) *
(29) Descripción de los objetivos del agricultor	x
(30) Razones por las cuales varias tecnologías nuevas fueron o no adoptadas	x
(31) Factores subyacentes a la elección de sistemas de cultivo	x
* Observaciones: 1. Los datos se recolectan varias veces en las mismas fincas durante un período cosecha. *	

5. METODOS MATEMATICOS DE PRIORIZACION

Existen básicamente dos clases de modelos dentro de esta categoría, los de programación lineal y los de simulación^{1,2}. Este capítulo se centra en discutir los primeros.

Un problema de programación lineal (PL) intentan maximizar (minimizar) una función de varias variables sujeta a ciertas restricciones.

Una aplicación de PL sería asignar en forma óptima -i.e. con miras a maximizar una función objetivo- un número finito de recursos. Por ejemplo, la asignación de un presupuesto entre varios proyectos de investigación, podría hacerse con el fin de maximizar una función objetivo que representa el bienestar social que se deriva de distintas asignaciones del presupuesto. Al tratar de optimizar dicha función también deberían tomarse en cuenta las restricciones, una de ellas podría ser que el monto asignado a todos los proyectos no debe sobrepasar el presupuesto total disponible.

En términos generales, un problema de PL consta de: (1) una función objetivo, (2) un conjunto de restricciones y (3) un conjunto de restricciones de no negatividad. Tanto la función objetivo como las restricciones se representan por relaciones lineales entre las variables -es decir, son de la forma $a_0 + a_1x_1 + \dots + a_nx_n$; donde los a_i son constantes y los x_i variables.

5.1. Priorización mediante el modelo de programación lineal.

Este modelo no solo establece prioridades de investigación, sino además asigna -de manera óptima- recursos a una serie proyectos de investigación; al maximizar una función objetivo que depende de varios criterios, sujeta a ciertas restricciones de presupuesto. Un ejemplo de este análisis lo desarrolla Russell, 1977, cuyo trabajo se discute en seguida.

5.1.1. Función objetivo.

Análogo al método de scoring, la función objetivo se concibe dependiente de varios criterios o metas (9 en este caso) agrupados en tres categorías a saber: consumo, seguridad y equidad. Dicha función intenta medir el grado con que se alcanza el objetivo final que es "producir bienes requeridos para alcanzar un estado ideal de bienestar social".

Los criterios correspondientes al consumo son: 1) el incremento en la cantidad producida; 2) el incremento en la calidad (e.g. valor nutritivo); y 3) el incremento en la disponibilidad.

¹ Simulación es un método cuantitativo que describe un proceso mediante (1) el desarrollo de un modelo de dicho proceso, que se utiliza para (2) realizar experimentos prueba y error ("trial-and-error") que predicen el comportamiento del proceso en el tiempo. Observar los experimentos es como observar el proceso mismo en operación. (Levin *et al.*, 1989, p. 706).

² Pinstrop-Andersen y Franklin, 1978 aplican este método para predecir los beneficios y costos de distintas alternativas de investigación con el fin de establecer PIAs y asignar recursos a la IA.

Los criterios identificados 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- son los 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 identifican las metas relacionadas con 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 cada proyecto a cada criterio por separado.

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

$$(5.1) \quad Z = \sum_{j=1}^m w_j G_j, \quad \text{con} \quad \sum_{j=1}^m w_j = 1, \quad m = 9;$$

el valor de cada w_j se establece subjetivamente³.

5.1.2. Priorización y asignación de recursos.

Una vez especificada la función objetivo, enseguida se discute como se establecen prioridades y se asignan recursos, óptimamente, 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 los m criterios o metas que definen a la función objetivo (5.1), se denota por A_{ji} 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_{ji}/R_i representa la contribución del proyecto i a la meta j por cada dólar gastado en el mismo; y por lo tanto $(A_{ji}/R_i)P_i$ 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 (5.1) sigue la siguiente fórmula

³ Desde luego, 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.

$$(5.2) \quad Z = \sum_{j=1}^m w_j G_j^i, \quad \text{con } G_j^i = A_{ji},$$

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, según la fórmula (5.2); sin embargo, al considerar las restricciones de presupuesto, el método de PL considerará todos los proyectos simultáneamente, como un "paquete" de proyectos, y elige una combinación óptima de ellos.

5.1.2.1. Combinación óptima de proyectos

Si 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 1 financiado al nivel P_1 y los demás a nivel cero (sin financiar) se representa por el paquete $(P_1, 0, \dots, 0)$.

Ya que cada proyecto 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

$$G_j(P_1, \dots, P_n) = \sum_{i=1}^n (A_{ji} / R_i)P_i,$$

así pues, de acuerdo con la ecuación (5.1), la contribución del paquete (P_1, \dots, P_n) al objetivo global, que es un promedio ponderado de las contribuciones $G_j(P_1, \dots, P_n)$, está dada por

$$Z = \sum_{j=1}^m w_j G_j(P_1, \dots, P_n)$$

En virtud de lo anterior, la asignación de óptima de recursos se obtiene al resolver el siguiente problema de PL, que consiste en elegir el paquete que:

$$(5.3) \quad \text{Maximiza } Z = \sum_{j=1}^m w_j G_j(P_1, \dots, P_n)$$

elegido de todos los paquetes que satisfacen:

$$(5.4) \quad G_j(P_1, \dots, P_n) = \sum_{i=1}^n (A_{ji} / R_i)P_i,$$

$$(5.5) \sum_{i=1}^n P_i \leq R_T, \text{ con } R_T < \sum_{i=1}^n R_i, \text{ y}$$

$$(5.6) 0 \leq P_i \leq R_i;$$

donde R_T representa el presupuesto total disponible.

La restricción (5.5) indica que la suma de los presupuestos de cada proyecto no puede sobrepasar al presupuesto total disponible, R_T . La restricción (5.6) indica que no puede asignarse a ningún proyecto un presupuesto negativo ni mayor de R_i .

Las restricciones (5.5) y (5.6), definen la "Región factible", es decir el conjunto de puntos donde se busca la(s) solución(es) al problema. Esta región es un "poliedro convexo" en cuyos vértices se encuentra la solución óptima -si existe y es finita- de acuerdo con uno de los resultados fundamentales de programación lineal (véase Gass, 1985). Esto se ilustra en el siguiente ejemplo.

5.1.3. 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

$$(5.7) Z = w_1 G_1 + w_2 G_2 + w_3 G_3,$$

sujeta a:

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

$$P_1 + P_2 \leq R_T$$

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

Entonces, al sustituir los G_j s en (5.7), la función objetivo queda expresada por

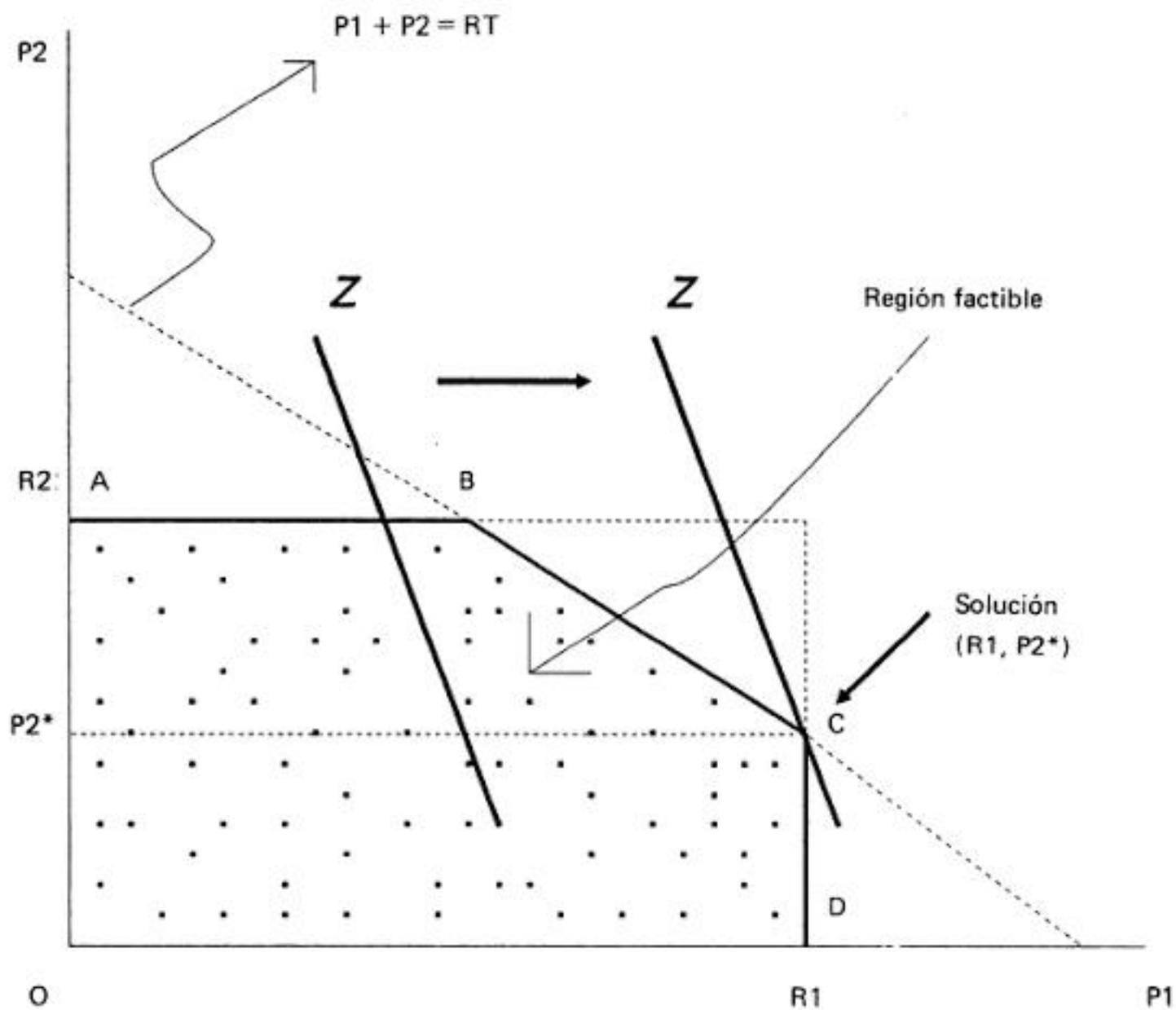
$$(5.8) Z = [w_1 (A_{11} / R_1) + w_2 (A_{21} / R_1) + w_3 (A_{31} / R_1)] P_1 \\ + [w_1 (A_{12} / R_2) + w_2 (A_{22} / R_2) + w_3 (A_{32} / R_2)] P_2.$$

Los coeficientes de P_1 y P_2 representan las contribuciones al objetivo final, por cada dólar, de los proyectos 1 y 2, respectivamente.

La función objetivo (5.8) se representa por la línea recta Z en el plano P_1 - P_2 como se ilustra en la figura 5.1. Dicha función aumenta su valor conforme la línea Z se desplaza a la derecha.

Dada la región factible que se muestra en la figura 5.1, como el área limitada por los vértices 0ABCD, 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. La solución está sobre el

FIGURA 5.1. EJEMPLO DE ASIGNACION DE RECURSOS A PROYECTOS MEDIANTE P. L.



vértice C, en el caso que se ilustra en la figura 5.1.; 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, menor, mayor o igual a la del segmento de recta que pasa por CD (es decir la inclinación de la recta Z es, respectivamente, mayor, menor o igual a la del segmento BC), en la figura 5.1.; 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.

5.1.4. Soluciones Generales.

Las soluciones del problema de PL (5.3)-(5.6) 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, $P_i < R_i$.

Cuando la solución óptima indica que un proyecto i solo debe de ser financiado parcialmente, puede analizarse su inclusión (financiado al nivel R_i) al "re-resolver" el problema con "pequeñas" modificaciones al límite de recursos totales R_T .

5.2. Recolección de datos e implementación del modelo

Paso 1. Recolección de información.

El modelo de Russell requiere de datos por proyecto. En particular debe determinarse: (1) el puntaje que alcanza cada proyecto en cada uno de los criterios elegidos y, por consiguiente, el puntaje total; (2) el monto que se considera como mínimo para que el proyecto rinda los resultados esperados; (3) indicadores para medir cada criterio; y (4) el peso relativo de cada criterio.

En el cuadro 5.1. se presenta el tipo de información requerida y las medidas propuestas para cada criterio.

Paso 2. Cálculo de prioridades y asignación de recursos.

Generalmente los problemas de PL se resuelven con ayuda del algoritmo Simplex, que consiste en un proceso iterativo que busca -sistemática y eficientemente- las soluciones en los vértices de la región factible hasta encontrar la óptima (Gass, 1985).

En general, la aplicación eficiente del Simplex requiere de programas de computación, tales como: GAMS-MINOS, LP1, LINDO (para microcomputadores).

Para asignar recursos de manera óptima, de acuerdo con el modelo de Russell o una variante, se requiere tener conocimiento de programación lineal y de uno de los programas, por ejemplo Gams-Minos, para resolver el problema de PL planteado por las ecuaciones (5.3)-(5.6).

CUADRO 5.1.

MODELO DE PROGRAMACION LINEAL (de Russell)		
DATOS POR PROYECTO		
Fuentes: Primarias		
Categoría de Consumo	Medida propuesta	Datos por proyecto i (i = 1,2,...,n)
(1) Productividad	Incremento en el beneficio social por unidad de producto	x
(2) Producción total	Beneficio neto descontado acumulado durante el período relevante	x
(3) Calidad -valor nutritivo, confiabilidad, versatilidad-	Puntaje para establecer incremento de los niveles presentes a niveles "ideales", definidos arbitrariamente	x
(4) Disponibilidad	Limitaciones en el ciclo de crecimiento (medido por el incremento porcentual del producto en la estación efectiva)	x
(5)	Inestabilidad en el equilibrio de oferta y demanda (medido por el cociente del costo con inestabilidad entre el costo con estabilidad)	x
(6)	Número de sustitutos (incremento porcentual en el número de sustitutos)	x

(Continuación 2/4)

MODELO DE PROGRAMACION LINEAL (de Russell)		
DATOS POR PROYECTO		
Fuentes: Primarias		
Categoría de Seguridad	Medida propuesta	Datos por proyecto i ($i = 1, 2, \dots, n$)
Seguridad humana	(7) Riesgo de accidente (medido por la reducción porcentual de un tipo particular, ponderado por la gravedad del tipo de accidente)	x
	(8) Riesgo de enfermedad (medido por la reducción porcentual en la adquisición de enfermedades, ponderado por la gravedad de la enfermedad)	x
Defensa económica	(9) Balanza de pagos (medido por el cociente del valor de la reducción potencial en importaciones entre el valor presente de las importaciones)	x
	(10) Dependencia internacional (medida como el cociente de la reducción esperada en el comercio entre el comercio total)	x

(Continuación 3/4)

MODELO DE PROGRAMACION LINEAL (de Russell)		
DATOS POR PROYECTO		
Fuentes: Primarias		
Categoría de Seguridad	Medida propuesta	Datos por proyecto i ($i = 1, 2, \dots, n$)
(11) Seguridad del abastecimiento	Reducción de la probabilidad de pérdida, generada por la investigación	x
Conservación	(12) Eficiencia en la utilización (medida por el cociente del ahorro por unidad de recursos no renovables entre el requerimiento unitario antes de la investigación)	x
	(13) Tasa de agotamiento (medida por el cociente de la reducción de la tasa de agotamiento de recursos no renovables entre tasa de agotamiento antes de efectuarse la investigación)	x

(Continuación 4/4)

MODELO DE PROGRAMACION LINEAL (de Russell)		
DATOS POR PROYECTO		
Fuentes: Primarias		
Categoría de Equidad	Medida propuesta	Datos por proyecto i (i = 1, 2, ..., n)
Distribución	(14) Consumo, Riqueza (modelo de puntajes para establecer el valor del incremento en el ingreso de varios grupos)	x
Derechos individuales	(15) Oportunidad, Discriminación (modelo de puntajes para establecer incremento de niveles actuales a niveles ideales)	x
Observaciones:		
<p>1. Las 15 variables consideradas se agrupan en nueve "dimensiones", a saber: 1-Cantidad, consta de las variables (1) y (2); 2-Calidad, la variable (3); 3-Disponibilidad, consta de (4)-(6); 4-Seguridad Humana, consta de (7) y (8); 5-Defensa Económica, consta de (9) y (10); 6-Seguridad de abastecimiento, la variable (11); 7-Conservación, consta de (12) y (13); 8-Distribución, la variable (14); 9-Derechos Individuales, la variable (15).</p> <p>2. También debe contarse con ponderadores (pesos relativos) para cada "dimensión" propuesta, dichos ponderadores serían determinados "idealmente" por "policy makers".</p>		

CAPITULO 6. COMPARACION DE MODELOS Y COMENTARIOS FINALES

En este capítulo se consideran los modelos y métodos en conjunto, con la mira de compararlos respecto al costo de recolección y/o sistematización de información. También respecto a sus resultados, posibles usuarios y combinaciones factibles entre ellos. Esto provee una mejor perspectiva para presentar, a manera de conclusión, sus ventajas y desventajas.

6.1. Comparación de modelos de prioridades de investigación

6.1.1. Costos de recolección y/o sistematización de información

Es difícil calcular este costo para cada modelo sin conocer las condiciones en las que se encuentra la información requerida para su implementación en cierta región o país. No obstante, es posible discutir algunos de los determinantes más relevantes que afectan el costo de recolección y/o sistematización de información de los diversos modelos ya discutidos. Aún más, al comparar éstos entre si, en algunos casos puede establecerse un ordenamiento de dichos costos -con base en la naturaleza y cantidad de información requerida.

En el cuadro 6.1. se muestran, en las columnas (2) a (4), a lo más tres de los determinantes (variables) más relevantes que inciden sobre el costo de recolección y/o sistematización de información de cada modelo.

Por ejemplo, para el método de "escoring" el costo de recolección y/o sistematización de información aumenta conforme se incrementa, *ceteris paribus*, el valor de al menos uno de los siguientes determinantes: (VARIABLE 1) el número de criterios y/o variables consideradas; o, (VARIABLE 2) el número de rubros de producción o áreas de investigación sujetas a priorización; o, (VARIABLE 3) la proporción de datos primarios del total de información (o datos) requerida.

Por otra parte, en la última columna del mismo cuadro 6.1., cuando es factible, se asigna a cada modelo un valor comparativo del costo total de recolección y/o sistematización de información.

El valor ("BAJO") se asignó al costo del modelo de prioridades implícitas con base en: (1) la relativa poca información requerida y, (2) el hecho de que es bastante probable que dicha información se derive de datos disponibles.

El valor ("ALTO") asignado al costo de algunos de los modelos del cuadro 6.1, se basa en: (1) la relativa abundante cantidad de información requerida por éstos; pero principalmente por, (2) el hecho de que dicha información debe obtenerse de fuentes primarias y/o mediante cuestionarios, en distintos instantes en el tiempo y/o en diversas regiones de uno o varios países.

Al método de scoring se les asigna el valor ("MEDIO"); pues el costo de recolección y/o sistematización es mayor que el de prioridades implícitas, pero menor que el de otros modelos que se indican en el cuadro 6.1.

CUADRO 6.1.

COSTOS DE RECOLECCION Y/O SISTEMATIZACION DE INFORMACION^{1 2 3}.

VARIABLES POSITIVAMENTE CORRELACIONADAS CON EL COSTO DE RECOLECCION Y/O SISTEMATIZACION				
MODELO	VARIABLE 1	VARIABLE 2	VARIABLE 3	COSTO
ESCORING (rubros o áreas)	# rubros o áreas inv.	# criterios o variables	% datos primarios	MEDIO
EXCEDENTES ECONOMICOS	# produc- tos	% datos primarios	# años	-
ARAJI, SIM y GARDNER	# tecno- logías	-	-	-
BREDAHL y PETERSON	% datos primarios	# fincas	# años	-
VENTAJA COMPARATIVA	# produc- tos	% datos primarios	-	MEDIO
PINSTRUP-AN- DERSEN et.al.	# familias entrevist.	# productos	-	ALTO
PRIORIDADES IMPLICITAS	# disci- plinas y/o productos	# años	-	BAJO
PINSTRUP-ANDER- SEN y DIAZ	# fincas	# visitas a fincas	# problemas	ALTO
PROGRAMACION LINEAL	# proyec- tos	# criterios o variables	-	-
DAVIS, ORAM y RYAN	# produc- tos	# region- es/paises	# años	ALTO

1 # de productos = No. de productos o rubros de producción para los que se establece la priorización.

2 % de datos primarios = proporción de información primaria con respecto al total de información requerida.

3 # de años considerados = número de años (o períodos) para los que se recolecta información.

6.1.2. Resultados, usuarios, aplicaciones y combinaciones de modelos

En el cuadro 6.2. se presentan los resultados y tipo de priorización que brindan los distintos modelos considerados; al mismo tiempo, se sugiere quienes serían los usuarios típicos para los mismos -principalmente Ministerios de Agricultura (MAGs), Institutos Nacionales de Investigación Agropecuaria (INIAs) y Estaciones Experimentales (EEs).

Ya que es posible combinar modelos para derivar más resultados y/o obtener mayor precisión, en el cuadro 6.2 también se muestran algunos ejemplos -no exhaustivos- de combinaciones factibles de modelos de PIAs.

Por ejemplo, se podría realizar una primera etapa de priorización de rubros de producción por el método de scoring para "filtrar información" (es decir, separar rubros relevantes de irrelevantes). En una segunda etapa, se elegiría un número reducido de rubros prioritarios para definir nuevas categorías (o proyectos) al interior de ellos; y así "re-priorizar" y asignar recursos entre estas nuevas categorías mediante el análisis de costo-beneficio.

6.2. Comentarios finales

1. Los métodos y modelos para establecer prioridades de investigación priorizan la IA en diferentes categorías - por ejemplo rubros de producción, áreas de investigación, proyectos, regiones. También incorporan tanto variables cuantitativas como cualitativas. Las últimas hacen que los modelos presenten cierto grado de subjetividad. En particular los modelos ex-ante (de Araji, Smith y Gardner; de scoring y de programación lineal) requieren un alta proporción de información subjetiva (juicios de investigadores, analistas o administradores que intervienen en la implementación).

2. El método de scoring es fácil de aplicar, flexible y puede utilizar tanto información cuantitativa como cualitativa. La flexibilidad del método permite establecer el proceso de priorización iterativamente.

Tal vez el punto crucial para que este método produzca resultados "razonables" es el elegir objetivos y criterios consistentes.

El método, sin embargo, es poco riguroso y, según la manera en que se aplique, puede llegar a depender de mayor proporción de variables cualitativas que cuantitativas, lo que genera una gran subjetividad en la obtención de resultados.

No obstante, este método es de utilidad -y tal vez la única alternativa a muy corto plazo- para priorizar la IA en situaciones en las que no se cuenta con suficiente información, pero se elige un número no muy grande de criterios variables para priorizar, de tal manera que pueda "visualizarse" la influencia de cada variable en los resultados obtenidos.

Tal vez la principal ventaja del método de scoring es que tiene la capacidad de incorporar en la priorización una diversidad de objetivos y criterios correspondientes, lo que otros métodos no permiten. Aunque esto puede restar rigor formal, al mismo tiempo, lo hace más atractivo

CUADRO 6.2.

USUARIOS, RESULTADOS Y COMBINACIONES DE MODELOS DE PRIORIZACION

	M O D E L O S				
	ESCORING	EXCEDENTES ECONOMICOS EXPLICITOS	ARAJI, SIM y GARDNER (ASG)	BREDAHL y PETERSON (BP)	VENTAJA COMPARATIVA
RESULTADOS SE PRESENTAN COMO:	Puntajes de: 1. Productos, 2. Areas de investigación 3. Regiones por producto 4. Proyectos de IA	1. VNA, 2. TIR, 3. B/C, o 4. N/K por producto	1. VNA, 2. TIR, 3. B/C, la estructura del modelo permite calcular N/K por proyecto y/o tecnología de productos	1. Producto marginal de la investigación por rubros de producción 2. TIR por rubros de producción	1. CDR
TIPO DE PRIORIZACION:	Ordinal, por productos, áreas, regiones, proyectos	Cardinal, por producto	Cardinal, por producto y/o tecnologías	"Priorización" <i>ex-post</i> (cardinal por rubro de produc.	Ordinal, por productos
USUARIOS PRINCIPALES:	1. MAG's 2. INIA's	1. MAG's 2. INIA'S	1. INIA's 2. EEs	1. MAG's 2. INIA's	1. MAG's 2. INIAS
APLICACION Provee información para asignar recursos a la IA de las siguientes maneras:	Ordinal	En forma ordinal (consistente con una métrica c.c.m) o explícitamente si se calcula N/K	En forma ordinal c.c.m. por producto y/o tecnología; o explícitamente si se calcula N/K	Análisis <i>ex-post</i> de la asignación de recursos a la IA	En forma ordinal c.c.m.
SE COMBINA CON: (ejemplos)	Priorización de productos se combina con modelos de excedentes económicos o ASG para lograr más precisión en productos prioritarios	Modelo de ASG para efectuar, en una <u>segunda etapa</u> , otra priorización por tecnologías de los productos prioritarios inicialmente	Escoring		Complementa información de: EEE, ASG, modelo de prioridades con base en deficiencia calórica o protéica

(CUADRO 6.2., continuación 2/2)

	M O D E L O S				
	PINSTRUP-ANDERSEN <u>et.al.</u>	PINSTRUP-ANDERSEN y DIAZ	PRIORIDADES IMPLICITAS	PROGRAMACION LINEAL (PL)	DAVIS, ORAM y RYAN (DOR)
RESULTADOS SE PRESENTAN COMO:	% de reducción en la deficiencia de calorías y/o proteínas de grupos de población vulnerables	Los resultados potenciales de esta metodología permitirían obtener medidas de beneficios y/o puntajes por problema	Puntajes por rubro de producción o disciplina	Asignación explícita de recursos	1. VNA. La estructura del modelo permite calcular: TIR, B/C y M/K por producto
TIPO DE PRIORIZACION:	Ordinal, por producto	Priorización potencial por problemas, que afectan a cierto producto (ordinal o cardinal)	Ordinal, por rubro de producción o área de invest.	Ordinal, por proyectos, al evaluar proyectos con F.O., al nivel mínimo de financiamiento requerido	Cardinal, por producto
USUARIOS PRINCIPALES:	1. MAG's 2. INIA's	1. MAG's 2. INIA's	1. MAG's 2. INIA's	1. INIA's 2. EE's	1. MAG's y/o INIA's de varios países 2. Centros Internacionales de Investigación
APLICACION:	Provee información para asignar recursos en forma ordinal a la IA	Provee metodología útil para la recolección y sistematización de información concerniente a la identificación de problemas de investigación	Examina, expost, prioridades de investigación en instituciones; con miras a determinar la factibilidad de diversas asignaciones de recursos a la IA	Asigna optimamente un número limitado de recursos entre proyectos de IA, considerados simultáneamente	Internacional o regionalmente (en forma ordinal pero c.c.m.) o explícitamente si se calcula M/K
SE COMBINA CON: (ejemplos)		Modelo de ASG o con el de Escoring, para establecer prioridades o asignar recursos			

"políticamente" por cuanto incorpora al análisis la óptica de diversas personas y grupos interesados en la priorización.

3. El análisis de costo-beneficio tiene la capacidad de distinguir los agentes beneficiarios de la investigación agropecuaria -consumidores y productores. También puede extenderse para incorporar los cambios en los excedentes económicos de regiones diferentes de la región donde se adopta nueva tecnología.

Los modelos de costo-beneficio, al generar medidas de rentabilidad, establecen una métrica consistente para establecer prioridades (Ruttan, 1982). No obstante, cada priorización depende de la medida de rentabilidad utilizada. Sin embargo, si es posible calcular el indicador N/K , se recomienda utilizarlo para asignar recursos y establecer prioridades.

Una de las mayores limitaciones de los modelos de costo-beneficio discutidos en el capítulo 3 es que al basarse en modelos económicos de equilibrio parcial -los cuales no toman en cuenta la interacción existente entre los precios del mercado del bien en cuestión con los precios de otros mercados- ignora los efectos del cambio tecnológico en los precios de otros bienes y servicios, y su consecuente repercusión en el bienestar de los consumidores y productores. La aplicación de este análisis a la priorización y asignación de recursos tiene menos margen de error cuando los desplazamientos de las curvas de oferta y demanda son relativamente pequeños, es decir no afectan considerablemente los precios de otros mercados.

4. Los modelos y métodos que toman en cuenta una meta o criterio para priorizar la investigación son precisos y consistentes con la meta, pero tienen aplicaciones muy restringidas. La utilización de estos, sin embargo, se justifica cuando se considera que tal meta es crucial para la asignación de recursos a la investigación.

5. Como es usual en la aplicación de modelos y métodos, generalmente, existe un canje ("trade-off") entre la precisión y calidad de los resultados obtenidos por los diferentes modelos y métodos y la facilidad de implementación de los mismos. Más precisamente: entre mayor sea la precisión y calidad de resultados deseados, más difícil (y costoso) resulta la implementación del modelo. En particular los modelos matemáticos requieren demasiados datos y capacidad analítica (Norton and Pardey, 1987)

6. En general, los métodos y modelos revisados son flexibles en cuanto a sus aplicaciones y pueden modificarse y/o combinarse con relativa facilidad con el fin de hacer extensiones u obtener resultados más precisos.

REFERENCIAS

- Akino M., and Y. Hayami. (1975). "Efficiency and equity in public research: rice breeding in Japan's economic development. Amer. J. Agr. Econ. 57, 1-10.
- Anderson, J. R., and K. A. Parton (1983) "Techniques for guiding the allocation of resources among rural research projects: state of the art", Promethus, Vol. 1, No. 1, June.
- Araji, A. A., R. J. Sim, and R. L. Gardner (1978). "Returns to agricultural research and extension programs: an ex-ante approach. Amer. J. Agr. Econ. 60 (December), 964-68.
- Ardila Vázquez, J. (1986). "¿Esta Usted seguro de quienes se benefician del cambio técnico en el sector agropecuario?", Programa II, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica.
- , y D. Londoño Rios (1976). "La asignación de recursos para la investigación agropecuaria en Colombia", Dirección de Planeación del Instituto Colombiano agropecuario.
- Bingswagner, H. P., and V. W. Ruttan (1978). "Induced innovation: technology, institutions and development". Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Bredhal, M., and W. Peterson (1976). "The productivity and allocation of research: U. S. agricultural experiment stations". Amer. J. Agr. Econ. 58 (November), 684-92.
- The Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) Technical Advisory committee (1985). "Tac Review of CGIAR priorities and future strategies", FAO, August 1985.
- Contant R. B., and A. Bottomley (1988). "Priority setting in Agricultural Research", ISNAR, Working paper No. 10.
- Davis, J. S., P. A. Oram, and J. G. Ryan (1987). "Assessment of agricultural research priorities: an international perspective". Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
- Deaton, A., and J. Muellbauer (1981). "Economics and consumer behavior", Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Edwards, G. W., and J.W. Freebairn (1984). "The gains from research into tradeable commodities". Amer. J. Agr. Econ., 66 (324), 41-49.
- Gittinger, J.P. (1982). "Economic analisis of agricultural projects", The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London
- Gómez Quiroga, F. et. al. (1977). "Prioridades en investigación agricola a nivel de rubros de producción de la región Centro Nortecostera", Ministerio de Agricultura y Cría, FNIA, Venezuela.

- Gass, S. (1985). "Linear programming", McGraw-Hill Book Co, New York.
- Levin R., D. Rubin, J. Stinson, and E. Gardner, Jr. (1989). "Quantitative approaches to management", McGraw-Hill Book Company, New York.
- Medina Castro, H. (1988a). "Métodos y modelos para priorizar la investigación agropecuaria: una revisión crítica", Programa II, IICA, San José Costa Rica.
- (1988b). "Hacia un sistema modular de prioridades de investigación agropecuaria: aspectos prácticos", Programa II, IICA, San José, Costa Rica.
- (1989). "Programas de computación para modelos de prioridades de investigación agropecuaria", Programa II, IICA, agosto 1989. San José, Costa Rica.
- (1990) "Prioridades de Investigación Agropecuaria en El Salvador", IICA, Oficina en El Salvador, San Salvador.
- y J. Rodríguez Meza (1988). "Ventaja Comparativa de Granos Básicos en Costa Rica: 1984 y 1986: un enfoque metodológico.", IICE, Universidad de Costa Rica, San José.
- Norton G. W., and J. Davis (1981). "Evaluating returns to agricultural research: a review", Amer. J. Agr. Econ., November, 685-699.
- , and V. G. Ganoza, and C. Pomareda (1987). "Potential benefits for agricultural research and extension in Peru", Amer. J. Agr. Econ., 69(1987), 247-257.
- , and P. G. Pardey. "Priority-Setting mechanisms for agricultural research systems: Present experience and future needs", ISNAR, Working Paper No. 7, November 1987.
- Pearce, D. W. Ed. (1983). "Dictionary of modern economics", The Macmillan Press, London, England.
- Pearson R. S., N. Akrasanee, and G. C. Nelson (1976). "Comparative advantage in rice production: a methodological introduction". Food Research Institute, xv, 2, 127-137.
- Pinstrup-Andersen, P., and R. O. Díaz (1975). "A suggested method for improving the information base for stablishing priorities in cassava research", in The international exchange and testing of cassava germ plasm, CIAT, Palmira, Colombia.
- , and D. Franklin (1977). "A systems approach to agricultural resource allocation in developing countries", en "Resource allocation and production in National and international research, ed. T.M. Arndt, D.G. Dalrymple, and V. W. Ruttan. University of Minnesota Press, Mineapolis, Minnesota.
- , and P., N. Ruiz de Londoño, and E. Hoover (1976). "The impact of increasing food supply on human nutrition: implications for commodity priorities in agricultural research and policy", Amer. J. Agr. Econ. (May), 131-142

- Ramalho de Castro, J. P., and G. E. Schuh (1974). "An economic model for establishing priorities for agricultural research and a test for the Brazilian economy". Paper presented at CIAT/ADC, Cali, Colombia, November 1974.
- Russell, D. G. (1977). "Resource allocation in agricultural research using socio-economic evaluation models". Canadian J. Agr. Econ., 23, 2, 29-52.
- Ruttan, V. W. (1982). "Agricultural research policy". University of Minnesota Press, Minneapolis.
- Scandizzo L., and C. Bruce (1980). "Methodologies for measuring agricultural price intervention effects". World Bank Staff Paper No. 394.
- Schuh G. E., and Tollini, H. (1979). "Cost and benefits of agricultural research: the state of the arts", The World Bank, Staff working paper No. 360, Washington, D.C.
- Shumway, C. R. (1977). "Models and methods used to allocate resources in agricultural research: a critical review", in "Resource allocation and productivity in national and international research", ed. T. M. Arndt, D. G. Darlymple, and V. W. Ruttan, University of Minnesota Press, Minneapolis, Minnesota.
- , and R. J. McCracken (1975). "Use of scoring models in evaluating research programs", Amer. J. Agr. Econ., (November), 714-718.
- Stevens R. D., and C. L. Jabara. (1988). "Agricultural development principles", The Johns Hopkins University Press. Baltimore and London.
- Toro B., G. et. al. (1976). "Establecimiento de prioridades de investigación entre rubros de producción", Serie Planificación, No. 2., Ministerio de Agricultura y Cria, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, (FONAIAP), Venezuela.
- von Oppen, M. and J. G. Ryan (1985). "Research resource allocation: determining regional priorities", Food Policy, August.

ANEXO 1

A.1.1. Modelo de excedentes económicos para dos países o regiones

A continuación se considera una extensión al modelo básico, de Edwards y Freebairn (1984), que toma en cuenta el impacto de las externalidades (generadas por la adopción de nueva tecnología en una región y/o difusión o transferencia de tecnología a otras regiones). En este modelo, los efectos de las externalidades se manifiestan de dos maneras:

(1) cuando la adopción de la IA que se realiza en una región, digamos A, y el consecuente aumento de la producción en los mercados globales (o mundiales) afectan los precios que enfrentan productores y consumidores de otra región, digamos B (véase Ardila, 1986); y (2) a través de la difusión o transferencia de tecnología a otras regiones. La presentación de esta sección se basa en Davies, Oram y Ryan (1987).

En particular, el tipo de externalidades que se consideran son las que se presentan en las dos situaciones siguientes:

(1) Al reducirse el precio del producto en la región (A) -como consecuencia del desplazamiento la curva de oferta en A, inducido por adopción de nueva tecnología- el precio del mismo producto en otra región (B) también se reduce.

(2) Cuando además de la situación (1), los resultados de la investigación en una región se difunden a otras regiones. Esto último tiene un efecto multiplicador, pues ahora la difusión de tecnología desplaza las respectivas ofertas de las regiones o países receptores, lo que a su vez afecta, en una segunda etapa, el precio mundial y el de la región o país emisor (más adelante se aclara este punto).

El modelo es válido para regiones distintas de un mismo país o regiones agroecológicas de varios países o para países distintos. Aquí se aplica para países distintos.

La situación inicial, en antelación a la adopción de la nueva tecnología en el país A, se presenta en la figura A.1. 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 representa por el hecho de que su oferta, S_A , se encuentra (en la etapa "pre-adoptiva") por debajo de la del país B, S_B . Adicionalmente, en la parte central de la figura, 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 cuando la economía permanece cerrada al comercio internacional. ED se mide por la distancia horizontal $D_B - S_B$ en la figura A.1.c, pero se presenta en la figura A.1.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

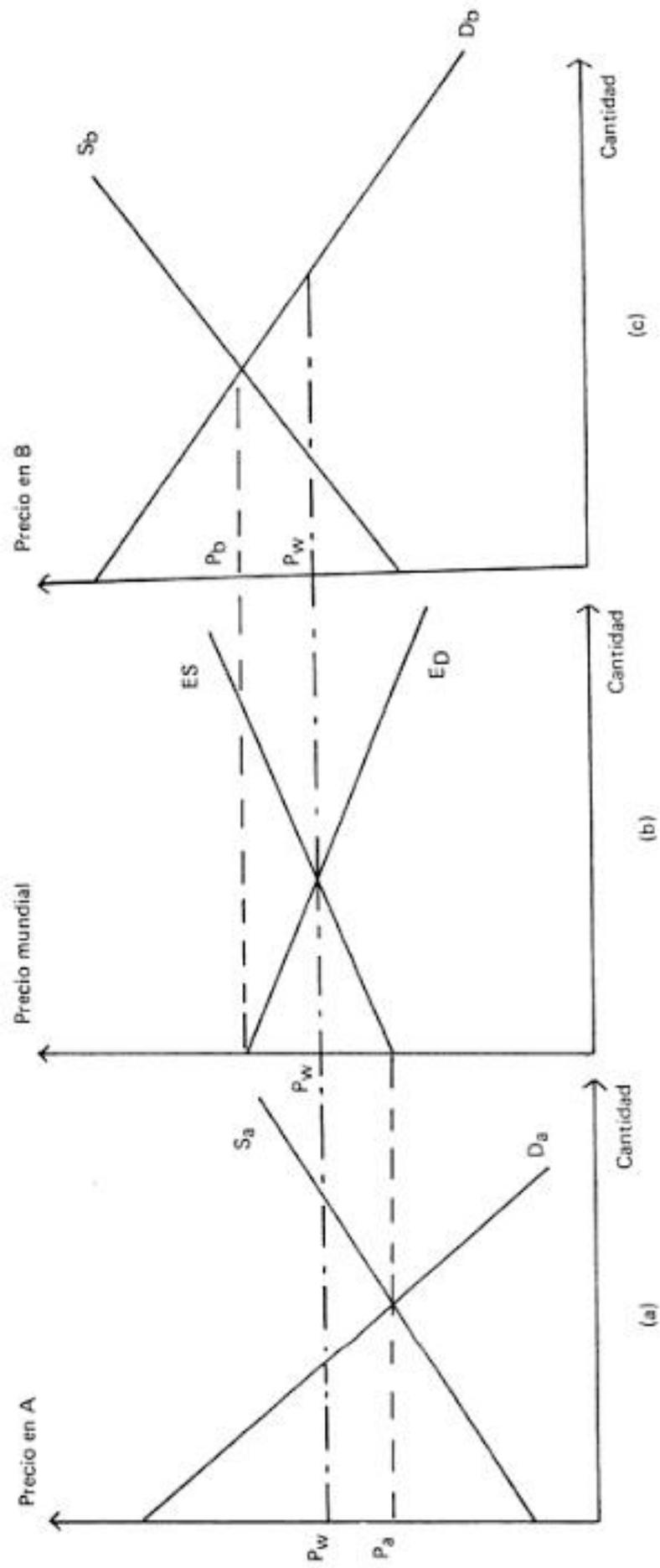


FIGURA A.1.

doméstico, p_a . ES se mide por la distancia horizontal $S_a - D_a$ en la figura A.1.a.; pero también se representa en la figura A.1.b.

Bajo los supuestos de libre comercio (i.e. en ausencia de tarifas, cuotas, subsidios, etc.) y costos de transporte cero; el equilibrio se alcanza cuando: $ED = ES$, el país A desea exportar el bien en cuestión exactamente en la misma cantidad en la que el país B desea importarlo; y el precio, en todos los mercados, es el precio mundial, p_w , con $p_a \leq p_w \leq p_b$.

Como en el modelo básico (del capítulo 3), 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 de los precios p_a o p_b .

También, como en el modelo básico, la adopción de la IA el país A desplaza la curva de oferta de S_a a $S_{a'}$. A continuación se analizan las dos situaciones ((1) y (2)) descritas arriba.

ESCENARIO 1.

En este primer escenario, que se muestra en la figura A.2., 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 A.2.b. La reducción en el precio mundial es acompañada de: incrementos en 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 $p_{w'}$, se incrementa el excedente del consumidor en ambos países; (b) se incrementa el excedente del productor 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 del productor de este país.

Sigue de las consideraciones anteriores que el beneficio total de la IA en el país A, con externalidades en B, ETS, se puede expresar por

$$(1) \text{ ETS} = \text{CS}_A + \text{PS}_A + \text{CS}_B - \text{PS}_B,$$

donde CS_i , 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, ETS, se representa en la figura A.2 por la suma de las áreas sombreadas.

ESCENARIO 2.

En el segundo escenario, que se ilustra en la figura A.3., los resultados de la IA 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 A.2.a y por consiguiente el desplazamiento de la curva de exceso de oferta en la figura A.3.b., de ES a ES', es el mismo que en la figura A.2.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 A.3.c. Se asume que el desplazamiento, $K_{b'}$, de la curva de oferta en B

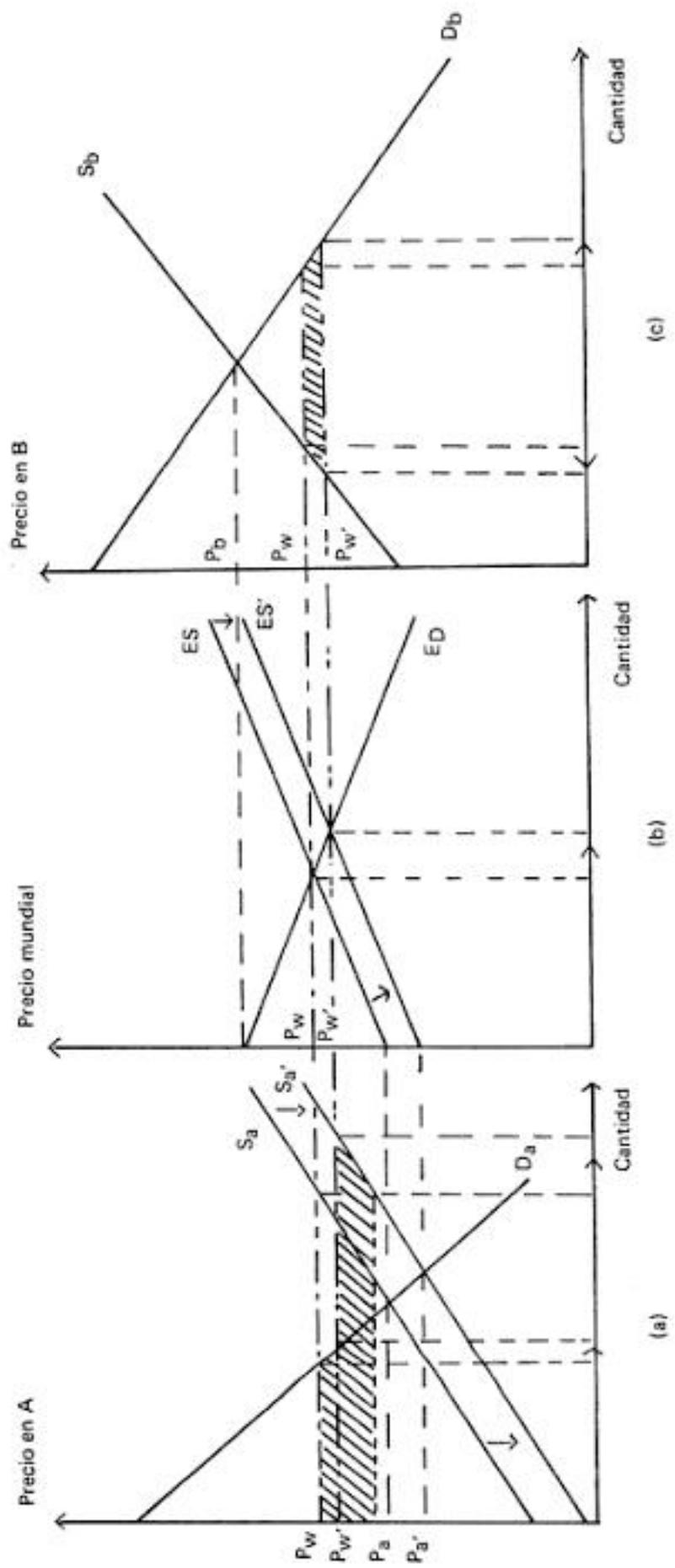


FIGURA A.2.

-que es el efecto del ahorro en el costo unitario de producción en B- es solamente una fracción del correspondiente desplazamiento, $K_{a,b}$, 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 A.3.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 en forma de difusión de 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 $K_{a,b}$ y la producción en B puede no incrementarse si el valor de $K_{a,b}$ 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 del 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 A.3., los productores en B incrementan su producción y, por tanto, su excedente. Esto último no es válido en general, pues para ciertos valores de $K_{a,b}$ los productores de B reducen su producción y su excedente.

Así, los beneficios totales (internacionales) de la investigación en A, ETS, se representan por la suma de las áreas sombreadas en la figura A.3 y se reducen a:

$$(2) \quad ETS = CS_A + PS_A + CS_B \pm PS_B$$

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 $k_{a,b} = 0$, es un caso particular del escenario 2. Por consiguiente el modelo general es el que representa el escenario 2.

También aquí, se define el beneficio, una vez que se adoptan los resultados de la IA y durante el tiempo que se opera con ellos, por $B_t = ETS$

A.1.2. Modelo de Davis, Oram y Ryan

El modelo anterior para dos países ha sido extendido por Davis, Oram y Ryan (1987), para incluir un número arbitrario de países o regiones capturando los efectos de las externalidades de la investigación en determinado país o región en los demás.

Adicionalmente el análisis de estos autores permite calcular la rentabilidad ex-ante de la IA en cierto producto en un número arbitrario de países o regiones cuya interacción se realiza a través de los efectos de las externalidades (descritas anteriormente) de la investigación en un país o región.

Ahora se consideran N países, de los cuales n comercian internacionalmente con cierto producto, los restantes países $N - n$ solo lo producen y consumen domésticamente, pero se

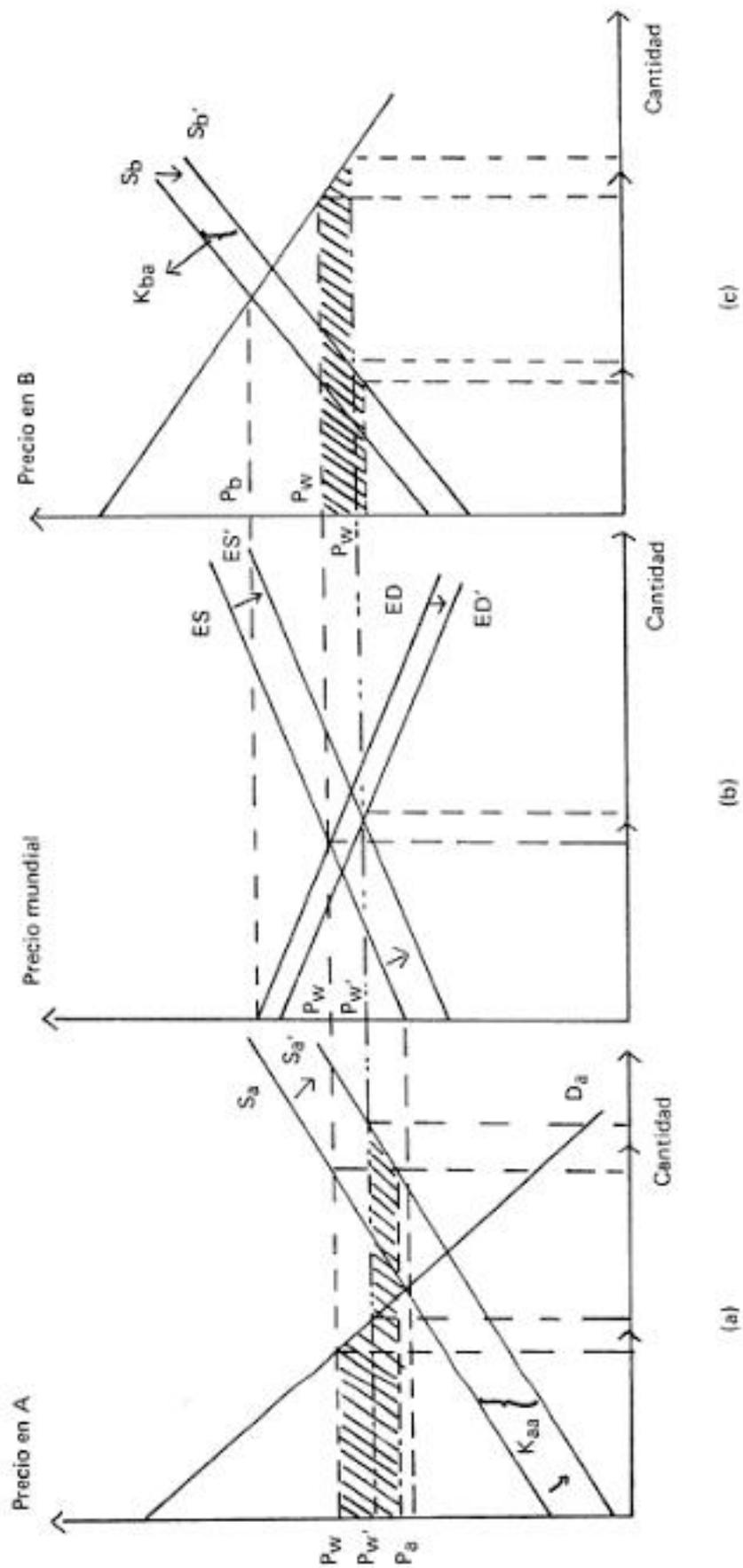


FIGURA A.3.

benefician mediante la difusión de tecnología, generada en determinado país. El modelo considera T períodos y se calculan, en función de varios parámetros, diversos tipos de beneficios por período, en términos de excedentes económicos:

1. totales (internacionales) de la investigación en cierto producto en el país "y";
2. total para el país/región "f", de la investigación en el país "y";
3. del consumidor del país/región "f", de la investigación en el país "y";
4. del productor del país/región "f", de la investigación en el país "y", ($f = 1, \dots, n$; o $f = n + 1, \dots, N$).

A partir de datos estimados de costos de IA por período, C_t , y de excedentes totales internacionales por período, B_t , se pueden estimar medidas de rentabilidad. Por ejemplo en el cuadro A1.1 se presenta el VNA de una lista de 12 productos y para países del continente americano.

CUADRO A1.1

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

PRODUCTO	Valor presente promedio beneficios internacionales (\$ mill.)
Arroz	447
Azúcar	159
Banano/plátano	140
Camote	142
Coco	49
Harinas	137
Mafz	173
Nueces	29
Ovinos y Caprinos	102
Papa	241
Sorgo	56
Trigo	283

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

A.1.2.1. Recolección de datos e implementación del modelo

Con el fin de implementar el modelo considerado en este anexo, se sugiere seguir los pasos que se describen a continuación. En el cuadro A.1.2 se presenta una guía sobre el tipo de información que debe recolectarse para Implementar el modelo de Davis, Oram y Ryan 1987.

Paso 1.

Seleccionar los productos y países/regiones que se desean estudiar. Para cada uno de estos países se requieren datos sobre los niveles, $Q_{s,t}$ y $Q_{d,t}$, de producción y consumo del bien en cuestión en el país "f" ($f = 1, \dots, N$) en el período inicial, antes de que se realice la investigación.

Paso 2.

Definir regiones "agroecológicas homogéneas", de la siguiente manera:

Primeramente, se definen divisiones climáticas de donde se originan los productos seleccionados, éstas se subdividen en "zonas agroecológicas" (ZAE).

Los países/regiones considerados se subdividen en las ZAEs identificadas para cada producto individualmente. Para cada país/región se obtiene la distribución porcentual de la producción del bien en cuestión por ZAEs (si la producción no es disponible puede obtenerse el área cultivada).

Para cada bien, se agrupan los países/regiones de una región geográfica mayor (por ejemplo la región geográfica que consta de México, Centro América, y el Caribe) que tienen la mayoría de su producción localizada en ZAEs muy similares. Los grupos de países que se obtienen en una región geográfica mayor se denominan "regiones agroclimáticas homogéneas".

Paso 3.

Para cada producto, se estima la probabilidad de éxito de la investigación en cada país/región, $P_{y,t}$, dentro de una región agroclimática homogénea. Este dato es subjetivo, pero se obtiene después de revisar datos cualitativos y cuantitativos de Sistemas Nacionales de Investigación Agropecuaria (*ibid.* pág. 27).

Paso 4.

Se estima el nivel máximo esperado de adopción de los resultados de la investigación para países de una misma región agroclimática homogénea, $x_{t,t}$. Estos datos se obtienen después de hacer algunas hipótesis subjetivas pero basadas en la evidencia empírica (*ibid.* págs. 35-36).

Paso 5.

Se construyen tablas de las externalidades de la investigación realizada en los países de una misma región homogénea, y también a las demás regiones que producen el mismo bien, $K_{t,y}$. Estos datos también son subjetivos, pero al estimarlos se procura fundamentarlos en la evidencia empírica.

Paso 6.

Obtener datos sobre:

1. Precios de los productos elegidos en los diferentes países/regiones.
2. Tipos de cambio actuales y esperados, $e_{t,t}$, en los diferentes países considerados.
3. Costos de transporte entre los países/regiones elegidos.

También se requiere estimar:

4. Elasticidades de la demanda y oferta para cada bien, que junto con los respectivos precios y cantidades permiten obtener los parámetros de las funciones de oferta y demanda, b_i y β_i .

los cálculos de este modelo pueden llevarse a cabo utilizando un programa en FORTRAN para microcomputadora AT de IBM. El diskette de dicho programa puede obtenerse de los autores de este trabajo: S. J. Davis, P. A. Oram, y J. G. Ryan.

CUADRO A1.2.

MODELO DE EXCEDENTES ECONOMICOS ECONOMIA ABIERTA (Modelo de Davis, Oram y Rayn)		
DATOS POR PRODUCTO Y PAIS O REGION AGROCLIMATICA		
P a s o s	Fuentes: Secundarias o Primarias	Datos Hipotéticos
Los siguientes datos (1) al (4) corresponden al período o año inicial, antes de que se realice la investigación		
P a s o 1	(1) Nivel de producción (2) Nivel de consumo (3) Area cultivada (4) Contribución a la oferta alimentaria (en términos de calorías, o proteínas o participación en el gasto familiar)	
P a s o 2	(5) Inventario de datos climáticos de FAO (de acuerdo con los países o re- giones de interés)	
P a s o 3	(6) Producto agropecuario doméstico bruto (7) Número de investigadores en el sector agropecuario	

(Continuación 2/4)

MODELO DE EXCEDENTES ECONOMICOS ECONOMIA ABIERTA
(Modelo de Davis, Oram y Rayn)

DATOS POR PRODUCTO Y PAIS O REGION AGROCLIMATICA

Pasos	Fuentes: Secundarias o Primarias	Datos Hipotéticos
Pasos 3	<p style="text-align: center;">(8) Número de trabajadores de extensión</p> <p style="text-align: center;">(9) Número de productores por cada trabajador de extensión</p> <p style="text-align: center;">(10) Cociente de número de investigadores entre población total</p> <p style="text-align: center;">(11) Cociente de gastos en investigación agropecuaria entre el producto agropecuario doméstico bruto</p> <p style="text-align: center;">(12) Número de investigadores en el producto en cuestión</p>	
Los siguientes datos (13) y (14) son hipotéticos, pero se obtienen de fuentes secundarias (revisión de la literatura, y algunos de los datos requeridos en el paso 3)		
Pasos 4		<p style="text-align: center;">(13) Nivel máximo de adopción</p> <p style="text-align: center;">(14) Tiempo de retraso en la adopción</p>

(Continuación 3/4)

MODELO DE EXCEDENTES ECONOMICOS ECONOMIA ABIERTA (Modelo de Davis, Oram y Rayn)		
DATOS POR PRODUCTO Y PAIS O REGION AGROCLIMATICA		
P a s o s	Fuentes: Secundarias o Primarias	Datos Hipotéticos
P a s o 5		(15) Reducción del costo de producción (i.e. desplazamiento de la oferta) generado por la investigación en el país de origen (este es el dato Kfy o Kyy)
Los siguientes datos (16) al (21) co- rresponden al período o año inicial; pero siempre que sea factible conviene tener proyecciones de cada uno		
P a s o 6	(16) Precio mundial (si el producto es transable)	
	(17) Precio doméstico	
	(18) Tipo de cambio del(los) país(es) involucrado(s)	
	(19) Costo de transporte (de países expor- tadores a países importadores)	

(Continuación 4/4)

MODELO DE EXCEDENTES ECONOMICOS ECONOMIA ABIERTA (Modelo de Davis, Oram y Rayn)		
DATOS POR PRODUCTO Y PAIS O REGION AGROCLIMATICA		
P a s o s	Fuentes: Secundarias o Primarias	Datos Hipotéticos
P a s o	(20) Elasticidad de la oferta (por país o por región)	
6	(21) Elasticidad de la demanda (por país o por región)	
Observaciones:		
1. Se consideran N países o regiones, y T períodos. También se considera una (o varias) tasas de retorno, r.		
2. Los datos (6)-(12) se utilizan para estimar la probabilidad de éxito, pyt , en cada período t.		
3. Los datos (13)-(14) se utilizan para estimar el nivel máximo esperado de adopción, xft , en cada período t.		

ANEXO 2A.2.1. Fórmulas del modelo de Araji Sim y Gardner (1978).

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

(1) $B_{jt} = A_{jt} (b_{jt} - c_{jt})$, donde:

1. B_{jt} = beneficio de la j-ésima tecnología en el año t;
2. A_{jt} = total que se espera afectar por la tecnología j en el año t;
3. $b_{jt} = P_{jt} V_t - V_0$, (b_{jt} se deriva como en la figura 3.4, cuando $V_t = V_0$) donde:
 4. P_{jt} = cambio esperado en la productividad del producto agropecuario en el año t como consecuencia de la implementación de la tecnología j;
 5. V_t = precio esperado del producto afectado por la tecnología j en el año t;
 6. V_0 = precio por unidad en el año base.
7. c_{jt} = cambio esperado en el costo unitario de producción del producto afectado por la j-ésima tecnología en el año t.

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

$$(2) E(B) = \sum_{t=1}^N (B_{jt} P(A_t \cap S_t) / (1 + r)^t), \text{ donde:}$$

- 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

$$(3) C_j = \sum_{t=1}^N (M_{jt} + I_{jt} + E_{jt} + R_{jt}) / (1 + r)^t,$$

donde:

- C_j = valor presente del costo total asociado a la inversión e 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 ;

R_{jt} = gasto anual invertido en investigación en la tecnología j en el año t .

Beneficios netos.

Las tres medidas de rentabilidad descritas en la sección 3.1 pueden derivarse a partir de las ecuaciones (2) y (3), como se indica a continuación.

El VNA para la j -ésima tecnología se define por

$$(4) E(B_j) - C_j$$

La TIR para la j -ésima tecnología se obtiene de la siguiente ecuación

$$(5) \sum_{t=1}^N (B_{jt} P(A_t \cap S_t) / (1 + TIR)^t) -$$

$$\sum_{t=1}^N (M_{jt} + I_{jt} + E_{jt} + R_{jt}) / (1 + TIR)^t = 0$$

La relación beneficios-costos

$$(6) E(B_j) / C_j$$

ANEXO 3

Las ecuaciones del modelo de Pinstруп-Andersen, Londoño y Hoover (1976) para calcular la reducción en la deficiencia calórica o protéica, como consecuencia de un desplazamiento horizontal hacia la derecha de la curva de oferta del bien i son las siguientes:

$$(1) e_{i,i}(m) = - E_i(m) (A_i(m) - (1 - A_i(m)E_i(m)) / \Phi(m)) ,$$

$$(2) e_{i,j}(m) = - E_i(m) A_j(m) (1 + E_j(m)) / \Phi(m) , i \neq j ,$$

donde:

m indica el estrato de ingreso;

$e_{i,i}(m)$ denota la elasticidad (directa) del bien i c.r.a. su propio precio, en el estrato m ;

$e_{i,j}(m)$ denota la elasticidad (cruzada) del bien i c.r.a. el precio del bien j , en el estrato m ;

E_i e E_j denotan las elasticidades de ingreso para los bienes i e j , respectivamente, en el estrato m ;

A_i e A_j son las proporciones del presupuesto gastadas en los bienes i e j , respectivamente, en el estrato m ;

$\Phi(m)$ denota a la flexibilidad del dinero, en el estrato m .

La elasticidad per cápita del bien i ($i = 1, \dots, 22$) c.r.a. su propio precio y c.r.a. el precio del bien j ($j \neq i$) se obtuvo mediante la siguiente ecuación

$$(3) e_{i,j} = (\sum e_{i,j}(m) Q_i(m) N(m)) / (\sum Q_i(m) N(m)) ,$$

donde:

$e_{i,j}(m)$ = elasticidad cruzada o directa c.r.a. el precio de la demanda del bien i en el estrato m ,

$Q_i(m)$ = cantidad consumida per cápita del bien i en el estrato m ,

$N(m)$ = población del estrato m .

Si el precio inicial, de equilibrio, del bien i es P_i^0 y la cantidad de equilibrio es Q_i^0 , entonces el precio P_i^1 esta dado por

$$(4) P_i^1 = P_i^0 (1 - (S_i - D_i) / ((e_{s,i} - e_{d,i}) Q_i^0)) ,$$

donde:

S_i = es el desplazamiento horizontal de la curva de oferta del bien i ,

D_i = es el desplazamiento horizontal de la curva de demanda del bien i ,

$e_{s,i}$ = elasticidad de la oferta c.r.a. su propio precio del bien i

$e_{d,i}$ = elasticidad c.r.a. su precio del bien i .

El nuevo equilibrio para i es Q_i^1 calculado mediante la siguiente fórmula

$$(5) Q_i^1 = Q_i^0 + D_i + ((S_i - D_i) / (1 - (e_{s,i}/e_{d,i})))$$

Al aplicar las fórmulas (4) y (5) los nuevos precio y cantidad del bien i como consecuencia de un desplazamiento en la curva de oferta, generado exógenamente, resultan:

$$(6) P_i^k = P_i^{k-1} (1 - (B / (e_{s,i} - e_{i,i}))), y$$

$$(7) Q_i^k = Q_i^{k-1} (1 + B / (1 - (e_{s,i}/e_{i,i}))),$$

donde $k = 1$, y $B = S_i / Q_i^{k-1} =$ el desplazamiento horizontal en la curva de oferta como proporción de la cantidad inicial.

Al cambiar el precio del bien i se induce un desplazamiento de las curvas de demanda de los otros bienes j ($j \neq i$). Los precios y cantidades están dados por las siguientes ecuaciones:

$$(8) Q_j^k = Q_j^{k-1} ((1 + p_i e_{i,j}) (1 - (1 - e_{s,j}/e_{j,j})^{-1})), y$$

$$(9) P_j^k = P_j^{k-1} (1 + p_i e_{i,j}) / (e_{s,j} - e_{j,j}),$$

donde $k = 1$, $p_i = (P_i^k - P_i^{k-1}) / P_i^{k-1}$, y $j = 1, \dots, 22$ se excluye i (i.e. $j \neq i$).

Para calcular el segundo cambio en el precio y cantidad del bien i se utiliza la siguiente fórmula:

$$(10) Q_i^k = Q_i^{k-1} (1 + \sum p^j e_{i,j} (1 - (1 - e_{s,i}/e_{i,i})^{-1})), y$$

$$(11) P_i^k = P_i^{k-1} (1 + \sum p^j e_{i,j} (e_{s,i} - e_{i,i})^{-1}),$$

donde $k = 2$, y $p_j = (P_j^k - P_j^{k-1}) / P_j^{k-1}$, $j \neq i$, $j = 1, \dots, 22$. Estos cálculos se realizan iterativamente (reemplazando k por $k + 1$) hasta que se alcanza un estado "estacionario", en el que los precios y cantidades de equilibrio ya no cambian, así $k = F$.

A partir de las cantidades y precios de equilibrio, se estiman los cambios en el consumo de cada alimento para cada estrato. La cantidad del bien j para el estrato m está dado por

$$(12) Q_{j(m)}^F = N_{(m)} N^{-1} Q_{j(m)}^0 (1 + p_i^j e_{i,j(m)} + p_j^i e_{j,j(m)}),$$

donde $j = 1, \dots, 22$; $j \neq i$; $m = 1, \dots, 5$,

$N_{(m)}$ = número de consumidores en el estrato m ,

N = número total de consumidores,

$$p_i = (P_i^F - P_i^0) / P_i^0 \text{ y } p_j = (P_j^F - P_j^0) / P_j^0.$$

La cantidad final del bien i obtenido per cápita en el estrato m está dado por

$$(13) Q_{i(m)}^F = Q_{i(m)}^0 (1 + \sum p_j^i e_{i,j(m)} + p_i^j e_{i,i(m)}),$$

donde $j \neq i$.

El impacto directo en la ingesta calórica y protéica. per cápita, en el estrato m se estima por:

$$(14) C_{i(m)} = (Q_{i(m)}^F - Q_{i(m)}^0) c_i,$$

donde c_i = contenido de calorías por unidad del bien i ,

$$(15) \text{ PR}_{i(m)} = (Q_{i(m)}^F - Q_{i(m)}^0) \text{ pr}_i,$$

donde pr_i = contenido de proteínas por cada unidad del bien i .

El impacto indirecto esta dado por

$$(16) C_{j(m)} = \Sigma (Q_{j(m)}^F - Q_{j(m)}^0) c_j, \text{ y}$$

$$(17) \text{ PR}_{j(m)} = \Sigma (Q_{j(m)}^F - Q_{j(m)}^0) \text{ pr}_j,$$

donde $j \neq i$. El impacto neto es

$$(18) C_m = C_{i(m)} + C_{j(m)}, \text{ y}$$

$$(19) \text{ PR}_{(m)} = \text{PR}_{i(m)} + \text{PR}_{j(m)}$$



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA
Apdo. 55-2200 Coronado, Costa Rica / Tel.: 29-02-22 / Cable: IICASANJOSE / Télex: 2144 IICA CR
Correo Electrónico EIES: 1332 IICA SC / FAX (506) 29-47-41, 29-26-59 IICA COSTA RICA

Copyrighted material.