

**INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS
- I C T A -**

**LA ASIGNACIÓN DEL GASTO PARA DESARROLLO DE GERMOPLASMA
DE GRANOS BÁSICOS, PAPA Y AJO: modelando un ambiente
con recursos escasos y múltiples usos alternativos**

Mamerto Reyes Hernández

BÁRCENA, VILLA NUEVA, FEBRERO DE 2004

**LA ASIGNACIÓN DEL GASTO PARA DESARROLLO DE GERMOPLASMA
DE GRANOS BÁSICOS, PAPA Y AJO: modelando un ambiente
con recursos escasos y múltiples usos alternativos**

Mamerto Reyes Hernández

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Guatemala

RESUMEN

Con el objetivo de guiar la asignación del gasto de investigación e investigadores entre las diferentes actividades para el desarrollo de germoplasma de granos básicos, papa y ajo, y apoyar un uso más racional de los recursos escasos disponibles en el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) en la actualidad, en éste trabajo se desarrolla un modelo de programación lineal entera que sigue criterios de eficiencia para la asignación de recursos. Su función objetivo es la maximización del valor presente neto de ocho actividades para el desarrollo de variedades mejoradas de ajo, arroz, frijol, maíz, papa y trigo y una actividad para el desarrollo de híbridos de maíz. Las restricciones del modelo son de presupuesto y disponibilidad de investigadores y cubren un período de 17 años en los cuales se desarrolla, valida y transfieren las variedades. Para generar la información se levantó una encuesta con los investigadores del ICTA para estimar el gasto en factores variables y se condujo un análisis costo-beneficio de cada actividad de mejoramiento. Los resultados del modelo muestran que un programa óptimo de investigación debería integrarse con actividades de desarrollo de variedades de ajo, arroz, frijol para tierras bajas, maíz para secano no favorecido, papa e híbridos de maíz para tierras bajas. Se determinó que el desarrollo de variedades de ajo y papa impide que el plan óptimo seleccione las actividades de desarrollo de variedades de frijol para tierras altas, variedades de maíz para el altiplano y de trigo. La entrada forzada de estas actividades impidiendo el ingreso de las orientadas a desarrollar variedades de ajo y papa reduce el valor presente neto del programa en Q226,656 miles, un costo económico muy alto que no recomienda este curso de acción.

Palabras claves: Programación lineal, asignación de recursos, desarrollo de variedades.

CONTENIDO	Página
Resumen	i
1. Introducción	1
1.1 El problema	1
1.2 Información para la solución del problema	1
2. Objetivos	4
2.1 General	4
2.2 Específicos	4
3. Metodología	4
3.1 Horizonte de tiempo del modelo	5
3.2 Requerimientos de gasto	7
3.3 Requerimientos de investigadores	7
3.4 Beneficio de cada oportunidad de investigación	8
3.5 Escenarios evaluativos	8
3.6 El formato de programación lineal	10
4. Resultados intermedios para construir el modelo	11
4.1 Gastos e investigadores requeridos para el desarrollo y validación de variedades e híbridos	11
4.2 Niveles de adopción máxima esperados	16
4.3 Evolución de las superficies cultivadas y precios	16
4.4 Escenarios evaluativos y rentabilidades determinadas	17
5. El modelo de programación lineal	21
5.1 La función objetivo	21
5.2 Restricciones	21
5.2.1 Restricciones de financiamiento	21
5.2.2 Restricciones de disponibilidad de investigadores	23
5.2.3 Restricciones para elegir actividades enteras	24
5.3 Resolución del modelo	25
6. Resultados finales	25
6.1 Plan óptimo de investigación	25

	Página
6.2 Efectos derivados de forzar la entrada del desarrollo de variedades de frijol para tierras altas, de maíz para el altiplano y de trigo en el plan de investigación	28
6.3 Modelo que excluye las actividades de desarrollo de variedades de papa y ajo	29
7. Conclusiones e implicaciones	31
8. Referencias	32

Índice de cuadros

Cuadro 1. Gastos detallados de desarrollo, validación y transferencia de una variedad de ajo y requerimientos de investigadores	12
Cuadro 2. Gastos detallados de desarrollo, validación y transferencia de una variedad de arroz y requerimientos de investigadores	13
Cuadro 3. Gastos de desarrollo y validación de una variedad de frijol para tierras altas y requerimiento de investigadores	13
Cuadro 4. Gastos de desarrollo, validación y transferencia de una variedad de frijol para tierras bajas y requerimiento de investigadores	14
Cuadro 5. Gastos de desarrollo, validación y transferencia de un híbrido de maíz para tierras bajas y requerimiento de investigadores	14
Cuadro 6. Gastos de desarrollo, validación y transferencia de una variedad de maíz y requerimiento de investigadores	15
Cuadro 7. Gastos de desarrollo, validación y transferencia de una variedad de trigo y requerimiento de investigadores	15
Cuadro 8. Gastos de desarrollo, validación y transferencia de una variedad de papa y requerimiento de investigadores	16

Anexos

Anexo I. Gastos por etapa de trabajo en el desarrollo de germoplasma de granos básicos y ajo	34
Anexo II. Evolución de las superficies sembradas y precios de arroz, frijol, maíz, papa y trigo en Guatemala	42

		Página
Anexo III.	Anexo III. Superficies censales de frijol de tierras altas y bajas y de maíz en diferentes regiones	48
Anexo IV.	Anexo IV. Series de tipos de cambio, PIB, deflatores implícitos del PIB, superficies cultivadas y precios	52

LA ASIGNACIÓN DEL GASTO PARA DESARROLLO DE GERMOPLASMA DE GRANOS BÁSICOS, PAPA Y AJO: modelando un ambiente con recursos escasos y múltiples usos alternativos

Mamerto Reyes Hernández ¹

1. INTRODUCCIÓN

1.1 EL PROBLEMA

El ICTA lleva casi una década experimentando una reducción constante en las asignaciones presupuestarias provenientes del gobierno, lo cual sumado al surgimiento de fondos competitivos de investigación, como los del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y del AGROCYT, evidencia que el financiamiento para investigar en el futuro será mucho más difícil de conseguir.

En este estado de cosas, sumado a la escasez de recursos existe otro problema y es el referido a la asignación de los mismos a las diferentes unidades y líneas de investigación, la cual se hace a través de un proceso intuitivo, y aunque los responsables de este proceso pueden tener cierta experiencia general en el cálculo de requerimientos, ninguno de ellos tiene una idea clara de las implicaciones económicas de sus decisiones de asignación de recursos.

Si los recursos se asignan para apoyar un objetivo nacional, por ejemplo, seguridad alimentaria, debería tenerse una medida *ex ante* de los niveles de logro de este objetivo que se obtienen con diferentes planes alternativos de asignación de recursos. Debe tenerse claro que la asignación de los recursos del presupuesto nacional debe conducirse como un ejercicio de evaluación de política para poner en ejecución el mejor curso de acción.

1.2 INFORMACIÓN PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

En la revisión de metodologías para la evaluación *ex ante* de la relevancia de actividades de investigación agrícola, Norton y Davis (1981) encontraron que existen cuatro enfoques: (a) Los que emplean modelos de puntaje para jerarquizar las actividades de

¹ Economista Agrícola, M.SC., Coordinador de la Sub Unidad de Socioeconomía Rural, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), Bárcena, Villa Nueva, Guatemala. Email: mrhdz@lycos.com

investigación (“scoring” en inglés); (b) Los que usan análisis costo-beneficio; (c) los que utilizan modelos de simulación; y (d) los que emplean modelos de programación matemática.

Con el enfoque de puntajes, un equipo de trabajo desarrolla los criterios de ponderación, identifica los problemas y líneas de investigación, los prioriza y finalmente hace una propuesta de programa de investigación. Algunas aplicaciones de este enfoque van asociadas a evaluaciones con el método Delphi o de opinión de experto. Norton y Davis (1981) indican que los modelos de puntajes son conceptualmente simples, sin embargo son altamente intensivos en mano de obra calificada y usualmente requieren reuniones de personas cuyo tiempo tiene un alto costo de oportunidad. Este enfoque tiene la fortaleza de permitir el análisis de objetivos de difícil cuantificación y que no se pueden tratar con otras metodologías de evaluación. Sin embargo, presenta la debilidad de que las prioridades establecidas no son independientes del esquema de clasificación empleado, el cual lleva implícito el sesgo de las preferencias de los tomadores de decisión.

En el ICTA se condujo un ejercicio de puntajes hace una década. Después de la jerarquización de prioridades de investigación se desarrolló un sistema de ponderadores para calificar propuestas de investigación, los cuales se emplearon por algún tiempo. Sin embargo, el puntaje nunca se llegó a adoptar como una práctica permanente de gestión de la investigación.

Con el enfoque de análisis *ex ante* costo-beneficio, se calculan indicadores de eficiencia económica, tales como la relación B/C, el valor presente neto y la tasa interna de retorno. No es un enfoque diferente a la tradicional evaluación de proyectos, y la formación del programa de investigación se deja a los tomadores de decisión. Según Norton y Davis (1981), la clave para hacer que éste enfoque sea útil radica en la cooperación que debe darse entre los científicos agrobiológicos y científicos sociales. Por otro lado, del mismo modo que en la evaluación *ex post* costo-beneficio, los supuestos hechos sobre las elasticidades de la oferta y demanda, las especificaciones matemáticas sobre estas funciones y la naturaleza de los desplazamientos de la oferta, tienen implicaciones en el monto de los beneficios y la distribución de los mismos entre consumidores y productores.

Este enfoque ha sido promovido por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (Rivas *et al*, 1991) y por esfuerzo conjunto del “International Food Policy Research Institute” (IFPRI), CIAT y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

(IICA) (Wood y Baitx, 1998). Para realizar la evaluación de rentabilidad social se tienen los programas MODEX y DREAM. Con este enfoque, aunque la evaluación económica de cada alternativa es rigurosa, la asignación de recursos al portafolio de oportunidades de investigación evaluadas se conduce sin mayor rigor económico.

Con el enfoque de la simulación es posible determinar los resultados potenciales de innovaciones tecnológicas en diferentes escenarios de la naturaleza y de la economía. Dependiendo de la complejidad de los modelos, la simulación permite estimar niveles óptimos para la investigación en un cultivo o especie pecuaria, o para varios de ellos a diferentes niveles de cobertura. Por otra parte, permite determinar los efectos de la investigación en los precios, ingresos, empleo y otras variables. Norton y Davis (1981) indican que aunque los modelos de simulación son herramientas muy poderosas, su construcción requiere mucho tiempo e información.

Respecto al enfoque de la programación matemática, en la revisión de Norton y Davis (1981) solamente aparecen dos casos en los que se emplea esta técnica. Con este enfoque se busca la asignación óptima de un presupuesto de investigación. El problema de la asignación de recursos a la investigación agrícola es similar al que enfrenta un inversionista con un portafolio de posibilidades de inversión, las tasas de interés esperadas y una disponibilidad fija de capital, o al que enfrenta un productor con una lista de posibilidades de producción, precios, costos y disponibilidades fijas de los recursos para producir, pero también puede ser el de un director de política que dados una serie de instrumentos y un presupuesto, busca el mayor nivel posible de algunos objetivos de importancia nacional.

Este último enfoque puede ser muy promisorio y puede complementarse con el enfoque de análisis costo-beneficio, de modo que la maximización del valor presente neto pueda ser el objetivo a optimizar.

Por otra parte, el caso de la asignación de un presupuesto a diferentes actividades se conoce en la literatura como el problema de análisis de actividades y ha sido aplicado a casos de diferentes sectores económicos, por ejemplo, en la agricultura donde el libro de Beneke y Winterboer (1973) es un clásico para aprender modelación. El caso de asignar recursos a diferentes posibilidades de inversión se conoce como el problema del portafolio de inversiones y también ha tenido muchas aplicaciones, un ejemplo de finanzas internacionales se encuentra en Jääskeläinen *et al* (1976), aunque mayores detalles sobre el diseño de presupuestos de

inversión se pueden encontrar en Dayananda *et al* (2001). En general ambos problemas proveen elementos para tomar en cuenta en la modelación de la asignación de recursos a una cartera de oportunidades de investigación.

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Desarrollar un modelo para guiar con criterios de racionalidad económica la asignación del gasto de investigación entre las diferentes actividades para el desarrollo de germoplasma de granos básicos, papa y ajo.

2.2 ESPECÍFICOS

- i. Estimar coeficientes de costo y beneficio económico para las actividades de desarrollo de germoplasma mejorado de granos básicos, papa y ajo.
- ii. Proveer elementos para desarrollar un plan óptimo de asignación de los recursos institucionales para investigación.

3. METODOLOGÍA

Para responder al problema de investigación y los objetivos del estudio se formuló un modelo de programación lineal que es un híbrido de los problemas del análisis de actividades y del portafolio de inversiones. Como oportunidades de investigación se tuvieron las siguientes actividades:

Desarrollo de variedades de ajo,

Desarrollo de variedades de arroz,

Desarrollo de variedades de frijol para tierras altas,

Desarrollo de variedades de frijol para tierras bajas,

Desarrollo de híbridos de maíz para tierras bajas,

Desarrollo de variedades de maíz para el Altiplano Occidental,

Desarrollo de variedades para secano no favorecido (sequía),

Desarrollo de variedades de papa, y

Desarrollo de variedades de trigo.

El modelo consideró restricciones de gasto y de disponibilidad de investigadores y se resolvió como un modelo de programación lineal entera. En su optimización se buscó maximizar los beneficios generados por la adopción del germoplasma desarrollado. En mercados deficitarios como los de arroz, frijol, maíz y trigo, estos beneficios son las ganancias adicionales que obtienen los agricultores como resultado de adoptar el germoplasma y las divisas que se ahorran al país por evitar importaciones de los granos estudiados (este segundo beneficio no se consideró para papa).

Para generar la información del modelo se condujeron dos trabajos simultáneamente. Uno fue la determinación de los gastos de la investigación y el otro, la construcción de un programa de computadora para la evaluación económica de líneas de investigación. Los resultados de estos componentes se presentan en documentos separados. Calderón López (por salir) fue responsable del informe de gastos y Reyes Hernández (2002)² del programa evaluativo.

3.1 HORIZONTE DE TIEMPO DEL MODELO

El proceso de desarrollo de germoplasma para arroz, frijol, maíz, trigo y ajo, comprende entre 7 y 13 etapas de trabajo anual en la estación experimental, luego siguen dos evaluaciones en campo de agricultores y una de validación directa con productores. Lo cual indica que la disposición de una variedad o híbrido para su transferencia a los agricultores puede llevar entre 10 y 16 años, lo cual sumado a la vida útil de una variedad, digamos unos 5 años, hace que el horizonte de un programa de desarrollo, validación y transferencia de variedades e híbridos puede oscilar entre 15 y 21 años, algo que hace difícil evaluar la rentabilidad de un programa de investigación dentro del mismo horizonte de tiempo, ya que si se toma el más corto algunas actividades no tendrán oportunidad de transferir sus variedades y se subvaluarán sus beneficios, y por el contrario, si se toma el más largo, algunas actividades estarán transfiriendo sus variedades más allá de su vida útil, lo cual sobrevaluará sus

² Este programa se llama EVALEX y junto con su manual para el usuario puede solicitarse sin costo en:

<http://www.geocities.com/mrhdz/index.html>

beneficios. Para resolver este problema fue necesario hacer algunos ajustes en el proceso de mejoramiento de híbridos de maíz y en la investigación en fincas de frijol y maíz.

Para el caso del proceso de desarrollo de híbridos de maíz, se asumió que el proceso comienza en la evaluación de líneas S3, previo a la formación de cruzamientos. Esto no genera mayores problemas ya que este programa de investigación siempre ha mantenido una constante formación de germoplasma, y para el cometido de formulación del modelo reduce la etapa de desarrollo de germoplasma a 10 años.

Como resultados de las etapas de mejoramiento se obtienen varias líneas varietales o híbridas que deben evaluarse a mayor escala en campo de agricultores. En el sistema de investigación del ICTA, esta etapa se conoce como Ensayos de Finca, y en ella, las mejores líneas obtenidas en el proceso de mejoramiento se evalúan en mayor número de ambientes. Estos ensayos deben comprender por lo menos 10 experimentos en localidades importantes en la producción del cultivo donde se usará la nueva variedad.

Estos experimentos pueden hacerse con diseño experimental y sin el mismo. Bajo diseño experimental se llaman Ensayos Agro-técnicos y tienen como propósito afinar la información técnica sobre la variedad. Cuando son sin diseño se conocen como Agro-económicos y tienen como propósito determinar el riesgo que conlleva su uso en las zonas de producción. En estas etapas se selecciona la variedad o variedades que pasarán a evaluarse en la etapa de validación, la cual se denomina etapa de Parcelas de Prueba, y en ella, el agricultor es responsable de evaluar directamente el nuevo germoplasma frente a la variedad que cultiva en la actualidad. Si en la parcela de prueba se determina que el germoplasma tiene un alto potencial de adopción, se recomienda su traslado a la etapa de transferencia para divulgarlo con toda la población de productores.

Para llegar a validación, las líneas pueden pasar solamente por una clase de ensayo, sea este agro-técnico o agro-económico, por ejemplo, las variedades de ajo, del proceso de mejoramiento pasan a ensayos agro-económicos y luego a parcelas de prueba, las variedades de arroz y trigo pasan de agro-técnicos a parcela de prueba.

Para desarrollar el modelo, se estableció que el desarrollo del germoplasma empleará 10 años, 1 de ensayos de finca y 1 para validación y 5 para transferencia, dando un horizonte de tiempo para la evaluación de 17 años para todas las variedades o híbridos. De esta cuenta

se estableció que para frijol y maíz, después del mejoramiento las líneas pasan a ensayos agro-técnicos, luego a parcelas de prueba y luego a la transferencia.

Para variedades de papa, el proceso de mejoramiento consiste en la selección de clones introducidos, luego los mejores son evaluados en ensayos agro-técnicos, y luego de acá pasan a parcelas de prueba, y finalmente, uno o dos clones llegan a la transferencia. Para este caso se estableció que la evaluación de clones previa a los ensayos de finca dura 5 años, en seguida 1 año de ensayos agro-técnicos, 1 de parcelas de prueba y 10 para transferencia. Este fue el único caso en que el proceso total no se adaptó plenamente a las normas establecidas para formular el modelo.

3.2 LOS REQUERIMIENTOS DE GASTO

Los requerimientos de gasto de cada actividad de investigación fueron desarrollados con información del estudio de gastos de investigación y con el número de ensayos y parcelas que se consideran idóneos para evaluar y validar las variedades (ó híbridos) en terrenos de agricultores, así como para su transferencia. Para ensayos en fincas, en este estudio se indagó sobre cual sería el número de ensayos apropiado. Para parcelas de prueba, siguiendo los resultados de Reyes Hernández (2003) para validación de variedades de frijol, se consideró que para una variedad de cualquier especie se deben conducir por lo menos 30 parcelas de prueba. Este requisito no fue satisfecho solamente para ajo, ya que en este caso se trata de una especie con una superficie nacional de cultivo muy reducida (1946 mz) y concentrada en el departamento de Huehuetenango, por lo cual se tomó el número de parcelas recomendado por Osman Cifuentes, investigador de ICTA en Huehuetenango.

Los requerimientos de gasto estudiados consideraron los rubros presupuestarios de materiales y suministros, servicios no personales y jornales, los cuales comprenden combustibles y lubricantes, repuestos, insumos, materiales y suministros en general, reparaciones de maquinaria y equipo, servicios no personales en general y mano de obra no permanente para trabajos de campo.

3.3 REQUERIMIENTOS DE INVESTIGADORES

Para cada actividad de desarrollo de germoplasma se determinó la cantidad de investigadores que se necesitan para ponerla en ejecución. Cada una de ellas necesita

investigadores para el trabajo de mejoramiento genético y para la evaluación y validación del germoplasma en fincas de productores. Requiere también de un tercer grupo para la transferencia de las variedades o híbridos. Estos últimos no son investigadores y en el modelo se les trata como técnicos transferencistas.

La información para el primer grupo se obtuvo del estudio de gastos. Mientras que los datos para el segundo y tercer grupos se obtuvieron con una entrevista a informantes claves miembros del ICTA.

3.4 BENEFICIO DE CADA OPORTUNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Para estimar los beneficios de cada actividad de desarrollo de germoplasma se utilizó el programa EVALEX, el cual como ya se indicó fue construido para apoyar este trabajo. Para el caso de variedades o híbridos, éste programa trabaja estimando los incrementos en los excedentes productores y ahorro de divisas derivados de la adopción del germoplasma por parte de los agricultores. Para mayores detalles sobre éste programa, veáse Reyes Hernández (2002). La variable proxy de beneficio tomada del EVALEX fue el valor actual neto (VAN).

3.5 ESCENARIOS EVALUATIVOS

Para determinar los beneficios de cada actividad de desarrollo de germoplasma de granos básico, ajo y papa, se construyó un escenario evaluativo respectivo. Cada uno de ellos consideró la superficie cultivada, su tasa de evolución en el tiempo, los precios al productor y su tasa de evolución anual, el nivel máximo de adopción esperado para cada variedad o híbrido, el tiempo en que se alcanza dicho nivel y los rendimientos actuales y los esperados con la variedad o híbrido.

Para determinar las tasas de evolución de las superficies cultivadas y precios se utilizaron ecuaciones con la siguiente especificación:

$$Y = \alpha \beta^t \dots\dots\dots (1)$$

en donde:

- Y Superficie (o precio);
- α estimador de Y en el año de origen de la serie estudiada;
- β componente $(1+r)$, tal que, r es la tasa media anual de crecimiento de Y;
- t t-ésimo año en la serie estudiada.

para su ajuste empírico, esta ecuación se linealizó con logaritmos naturales y adicionando el componente aleatorio de error, quedó especificada como,

$$\text{LN}(Y) = \text{LN}(\alpha) + t \text{LN}(\beta) + \varepsilon \dots\dots\dots (2)$$

en donde:

LN logaritmo natural

ε error aleatorio

El resto de variables ya fueron explicadas en (1)

Los valores monetarios usados en la evaluación económica se expresaron en Quetzales del año 2002, pues en ese punto en el tiempo se encuentra el año cero de la evaluación. Para ajo y papa se usaron precios al productor. Para arroz, frijol, maíz y trigo, como proxis de tales precios se emplearon los precios implícitos de importación.³ Para expresar estos valores en Quetzales constantes del 2002, los precios de importación fueron convertidos a Quetzales nominales con el tipo de cambio, luego se pasaron a precios constantes con una serie del deflactor implícito del PIB cuya base se estableció en el año 2002 (cuadro A-11 anexo IV).

La información de superficies sembradas y precios de importación se obtuvo del Banco de Guatemala (2002). Las series de tipos de cambio y de PIB a precios constantes-PIB a precios corrientes (para estimar los deflatores implícitos) se obtuvieron de la página web del Banco de Guatemala.⁴ La superficie de ajo, su tasa de evolución y los precios de esta liliácea fueron proveídos por Osman Cifuentes, investigador del ICTA en Huehuetenango.

Para variedades de frijol de tierras altas y tierras bajas e híbridos de maíz para tierras bajas, variedades de maíz para el altiplano occidental y para secano no favorecido, dado que no son cultivos con cobertura universal como las de arroz, trigo y papa, hubo necesidad de determinar cuales son sus proporciones respecto a las superficies nacionales de estos granos, lo cual se hizo con datos del censo agropecuario de 1979 (DGE, 1983). Luego con estas proporciones y las superficies nacionales de frijol y maíz, se estimaron las superficies

³ Precio implícito de importación = Valor de las importaciones/cantidad importada.

⁴ <http://www.banguat.gob.gt>

correspondientes a tierras altas, tierras bajas, altiplano occidental y secano no favorecido.

Para los híbridos de maíz de tierras bajas se consideró como área de influencia a la superficie sembrada con maíz en monocultivo en la planicie del pacífico, esto es la parte baja de los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango, todas las áreas de maíz de Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, más las áreas de maíz en monocultivo de Santa Rosa, Jalapa, Jutiapa, Chiquimula, Zacapa y El Progreso. Para las variedades de maíz para el altiplano occidental se utilizó la superficie de maíz de Totonicapán y la de las partes altas de los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango. Para maíces para secano no favorecido, se empleó el área de maíz asociado de Jutiapa, Jalapa, Chiquimula, Zacapa y El Progreso.

Para frijol la cuestión fue un poco más difícil. Los frijoles por su hábito de crecimiento se pueden separar en dos categorías generales, los frijoles de suelo que se cultivan en monocultivo o en asociación y los frijoles trepadores que se cultivan en asociación con maíz. El hábito de crecimiento es un carácter relevante en las variedades, ya que su rendimiento está relacionado con este atributo fuertemente, observándose que los frijoles de suelo poseen rendimientos que superan hasta en 10-12 veces los rendimientos de las variedades trepadoras.

Para estimar las proporciones de interés se tomaron las proporciones censales de frijoles en monocultivo de las regiones del altiplano y del oriente y suroriente que ha atendido el ICTA tradicionalmente. Esto se hizo por tres razones. Primero, el censo agropecuario no permite separar los frijoles según su hábito de crecimiento; segundo, las probabilidades de encontrar frijoles trepadores en sistemas de monocultivo son muy remotas; y tercero, los datos del Banco de Guatemala (2002) por sus rendimientos están referidos a frijoles de suelo.

3.6 EL FORMATO DE PROGRAMACIÓN LINEAL

El formato de programación lineal que se desarrolló es el siguiente:

$$\text{(Maximizar) } BNT = \sum BN_j X_j \quad \dots\dots\dots (3)$$

sujeto a:

Restricciones anuales de fondos (desde el año 1 hasta el año 17)

$$\sum G_{1j} X_{1j} \leq (\text{Disponibilidad nacional de fondos})_1$$

$$\sum G_{2j} X_{2j} \leq (\text{Disponibilidad nacional de fondos})_2$$

.....

$$\Sigma G_{20j} X_{17j} \leq (\text{Disponibilidad nacional de fondos})_{17}$$

Restricciones anuales de investigadores para granos básicos y papa (desde el año 1 hasta el año 17)

$$\Sigma m_{1j} X_{1j} \leq (\text{Disponibilidad de investigadores})_1$$

$$\Sigma m_{2j} X_{2j} \leq (\text{Disponibilidad de investigadores})_2$$

.....

$$\Sigma m_{20j} X_{17j} \leq (\text{Disponibilidad de investigadores})_{17}$$

en donde:

i= 1, 2, ..., 17 i-ésimo año;

j j-ésima actividad de desarrollo de germoplasma;

BNT Beneficios netos totales;

BN Beneficios netos por unidad de actividad (VAN por unidad de actividad);

G Gasto por unidad de actividad;

X Actividad de desarrollo de germoplasma;

m Requerimiento anual de investigadores.

4. RESULTADOS INTERMEDIOS PARA CONSTRUIR EL MODELO

4.1 GASTOS E INVESTIGADORES REQUERIDOS PARA EL DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE VARIEDADES E HÍBRIDOS

Para estimar el gasto anual del proceso de desarrollo de germoplasma se asumió que los investigadores conducen simultáneamente hasta 10 procesos de mejoramiento a diferentes niveles de desarrollo. Si el proceso dura 10 años, conducen 1 que está terminando, 1 que está comenzando y 8 que van de la segunda a la novena etapas. Los mejoradores genéticos siempre están conduciendo diferentes programas de mejoramiento, y esta es la vía que permite mantener activo el capital agrobiológico de la institución. En los cuadros A-1, A-2, ..., A-7 del Anexo I se presentan los gastos de cada una de las etapas de este proceso y en los cuadros 1, 2, ..., 8, se presentan los gastos anuales para el proceso de mejoramiento, ensayos de finca, parcelas de prueba y transferencia del germoplasma de ajo, arroz, frijol, maíz, trigo y papa. Se

presenta también el número de ensayos, el requerimiento de investigadores y de técnicos transferencistas. La carga de trabajo por investigador oscila entre 10 y 15 unidades, y es una mezcla de ensayos y parcelas de prueba.

Para estimar el gasto de transferencia de las variedades se asumió que durante el período en que se alcanza la máxima adopción esperada de las variedades o híbridos, la transferencia debe tener una cobertura dos veces mayor que la lograda con las parcelas de prueba y por tanto, su gasto en este período es dos veces el de la validación,⁵ después de alcanzar el máximo de adopción, el gasto puede ser similar al de la validación. Para alcanzar el nivel máximo de adopción de variedades de arroz, frijol, maíz y trigo se asumen 4 años, 5 años para papa y 7 años para ajo.

Cuadro 1. Gastos detallados de desarrollo, validación y transferencia de una variedad de ajo y requerimientos de investigadores

	<i>Proceso de mejoramiento</i>	<i>Ensayos agro-técnicos</i>	<i>Parcelas de prueba</i>	<i>Transferencia</i>	
Superficie en la estación experimental (m ²)	1920				
Duración (años)	7	1	1	7	1
Número de ensayos necesarios	7	5	10		
Gastos (Quetzales del 2002)					
Maquinaria					
Jornales	14193.25	6467.50	0.00		
Insumos	7737.76	3600.98	5201.95		
Análisis de laboratorio	2160.00	1800.00	3600.00		
Combustibles y lubricantes	5797.92	1978.08	6000.00		
Servicios, reparaciones y repuestos para vehículos	1660.27	864.73	2525.00		
Llantas y neumáticos	2104.11	1095.89	2200.00		
Otros rubros (15% total)	5048.00	2371.08	2929.04		
Total	38701.32	18178.25	22455.99	44000.00	22000.00
Requerimiento de investigadores	1	0.5	1	3	1

⁵ De este supuesto se excluyeron las parcelas de prueba de variedades de trigo, pues como la superficie nacional de este cultivo es sumamente pequeña, se asume en la transferencia la misma cobertura que la de la validación.

Cuadro 2. Gastos detallados de desarrollo, validación y transferencia de una variedad de arroz y requerimientos de investigadores

	<i>Proceso de mejoramiento</i>	<i>Ensayos agro-técnicos</i>	<i>Parcelas de prueba</i>	<i>Transferencia</i>	
Superficie en la estación experimental (m ²)	23292				
Duración (años)	10	1	1	7	1
Número de ensayos necesarios	19	10	30		
Gastos (Quetzales del 2002)					
Maquinaria	1692.82	0.00	0.00		
Jornales	22317.41	8001.25	0.00		
Insumos	12681.24	5995.38	6000.00		
Combustibles y lubricantes	6912.00	6740.00	16200.00		
Servicios, reparaciones y repuestos para vehículos	3012.00	1506.00	4518.00		
Llantas y neumáticos	5200.00	2600.00	7800.00		
Otros rubros (15% total)	7772.32	3726.39	5177.70		
Total	59587.79	28569.02	39695.70	44000.00	22000.00
Requerimiento de investigadores	1	0.5	1	3	1

Cuadro 3. Gastos de desarrollo y validación de una variedad de frijol para tierras altas y requerimiento de investigadores

	<i>Proceso de mejoramiento</i>	<i>Ensayos agro-técnicos</i>	<i>Parcelas de prueba</i>	<i>Transferencia</i>	
Superficie en la estación experimental (m ²)	28740				
Duración (años)	10	1	1	4	1
Número de ensayos necesarios	14	15	30		
Gastos (Quetzales del 2002)					
Maquinaria	4175.00	0.00	0.00		
Jornales	38620.24	6394.82	1730.00		
Insumos	7070.24	5145.66	4624.15		
Combustibles y lubricantes	6672.00	8538.00	8596.00		
Servicios, reparaciones y repuestos para vehículos	1493.00	2239.50	4479.00		
Llantas y neumáticos	2200.00	3300.00	6600.00		
Conservación de germoplasma	756.00				
Otros rubros (15% total)	9147.97	3842.70	3904.37		
Total	70134.45	29460.69	29933.52	60000.00	25000.00
Requerimiento de investigadores	1	1.5	3	3	1

Cuadro 4. Gastos de desarrollo, validación y transferencia de una variedad de frijol para tierras bajas y requerimiento de investigadores

	<i>Proceso de mejoramiento</i>	<i>Ensayos agro-técnicos</i>	<i>Parcelas de prueba</i>	<i>Transferencia</i>	
Superficie en la estación experimental (m ²)	29240.00				
Duración (años)	10	1	1	4	1
Número de ensayos necesarios	15	15	30		
Gastos (Quetzales del 2002)					
Maquinaria	2091.86	0.00	0.00		
Jornales	47164.11	18580.67	1730.00		
Insumos	7193.23	3702.89	4624.15		
Combustibles y lubricantes	6672.00	5800.00	8596.00		
Servicios, reparaciones y repuestos para vehículos	1493.00	2239.50	4479.00		
Llantas y neumáticos	2200.00	3300.00	6600.00		
Otros rubros (15% total)	10022.13	5043.46	3904.37		
Total	76836.33	38666.52	29933.52	60000.00	25000.00
Requerimiento de investigadores	1	1.5	3	3	1

Cuadro 5. Gastos de desarrollo, validación y transferencia de un híbrido de maíz para tierras bajas y requerimiento de investigadores

	<i>Proceso de mejoramiento</i>	<i>Ensayos agro-técnicos</i>	<i>Parcelas de prueba</i>	<i>Transferencia</i>	
Superficie en la estación experimental (m ²)	180489				
Duración (años)	10	1	1	4	1
Número de ensayos necesarios	47	20	30		
Gastos (Quetzales del 2002)					
Maquinaria	4925.56	0.00	0.00		
Jornales	46252.30	16600.00	1730.00		
Insumos	17733.96	7893.00	7624.15		
Combustibles y lubricantes	8756.20	5300.00	8596.00		
Servicios, reparaciones y repuestos para vehículos	9289.00	2000.00	4479.00		
Llantas y neumáticos	6600.00	4400.00	3904.37		
Otros rubros (15% total)	14153.06	5428.96	3950.03		
Total	107710.08	41621.96	30283.55	60000.00	25000.00
Requerimiento de investigadores	4	2	3	3	1

Cuadro 6. Gastos de desarrollo, validación y transferencia de una variedad de maíz y requerimiento de investigadores

	<i>Proceso de mejoramiento</i>	<i>Ensayos agro-técnicos</i>	<i>Parcelas de prueba</i>	<i>Transferencia</i>	
Superficie en la estación experimental (m ²)	72639				
Duración (años)	9	1	1	4	1
Número de ensayos necesarios	31	20	30		
Gastos (Quetzales del 2002)					
Maquinaria	2956.31	0.00	0.00		
Jornales	22778.36	16600.00	1730.00		
Insumos	10397.71	7893.00	7624.15		
Combustibles y lubricantes	8431.20	5300.00	8596.00		
Servicios, reparaciones y repuestos para vehículos	9289.00	2000.00	4479.00		
Llantas y neumáticos	6600.00	4400.00	3904.37		
Conservación de germoplasma	1500.00	0.00			
Otros rubros (15% total)	9292.89	5428.96	3950.03		
Total	71245.47	41621.96	30283.55	60000.00	25000.00
Requerimiento de investigadores	3	2	3	3	1

Cuadro 7. Gastos de desarrollo, validación y transferencia de una variedad de trigo y requerimiento de investigadores

	<i>Proceso de mejoramiento</i>	<i>Ensayos agro-técnicos</i>	<i>Parcelas de prueba</i>	<i>Transferencia</i>	
Superficie en la estación experimental (m ²)	14633				
Duración (años)	10	1	1	4	1
Número de ensayos necesarios	20	15	30		
Gastos (Quetzales del 2002)					
Maquinaria	1025.00	0.00	0.00		
Jornales	12846.00	6580.18	0.00		
Insumos	2538.75	9996.21	5808.27		
Combustibles y lubricantes	5360.00	7457.14	3051.82		
Servicios, reparaciones y repuestos para vehículos	5000.00	15564.73	42203.15		
Llantas y neumáticos	4200.00	3840.00	8170.91		
Conservación de germoplasma	756.00				
Otros rubros (15% total)	4758.86	6515.74	8885.12		
Total	36484.61	49954.00	68119.27	68119.27	25000.00
Requerimiento de investigadores	2	1.5	3	3	1

Cuadro 8. Gastos de desarrollo, validación y transferencia de una variedad de papa y requerimiento de investigadores

	<i>Proceso de mejoramiento</i>	<i>Ensayos agro-técnicos</i>	<i>Parcelas de prueba</i>	<i>Transferencia</i>	
Superficie en la estación experimental (m ²)	1100				
Duración (años)	5	1	1	5	5
Número de ensayos necesarios	4	12	30		
Gastos (Quetzales del 2002)					
Maquinaria	270.00	810.00	0.00		
Jornales	6141.50	15570.00	0.00		
Insumos	18641.40	60220.34	14400.00		
Combustibles y lubricantes	2544.00	5400.00	23076.00		
Servicios, reparaciones y repuestos para vehículos	565.60	1696.80	14031.00		
Llantas y neumáticos	880.00	2640.00	6240.00		
Otros rubros (15% total)	4356.38	12950.57	8662.05		
<i>Total</i>	33398.88	99287.71	66409.05	123000.00	60000.00
Requerimiento de investigadores	0.4	1	3	3	1

4.2 NIVELES DE ADOPCIÓN MÁXIMA ESPERADOS

Un escenario optimista de adopción es esperar que una nueva variedad de frijol y papa o un nuevo híbrido de maíz o variedad de maíz para secano no favorecido sean utilizados en el 30% de la superficie de estos cultivos. Para variedades de maíz del Altiplano Occidental, éste nivel es del 20 %. Para variedades de arroz y trigo, el nivel mínimo de adopción esperada es del 75% de la superficie de estos cultivos. Para ajo, éste nivel fue del 40% de la superficie de ajo.

4.3 EVOLUCIÓN DE LAS SUPERFICIES CULTIVADAS Y LOS PRECIOS

En las figuras 1, 2, ..., 10 del Anexo II, se presentan las evoluciones de las superficies cultivadas y precios reales de arroz, frijol, maíz, papa y trigo. Para todos los casos en que el patrón histórico seguido por los datos lo permitió, se ajustó una regresión con la especificación indicada en la metodología. De acuerdo con los resultados obtenidos, sólo la superficie cultivada con papa sigue un patrón creciente. Las tasas de crecimiento anual de las superficies son de -1.5% para frijol, -1.05 para maíz, sin un patrón claro para arroz, de -9.79% para trigo y de 2.24% (positivo) para papa. Para los precios, exceptuando los de papa que no definen un

patrón, todos muestran una tendencia decreciente. Sus tasas anuales de crecimiento son de -8.66 % para arroz, -4.63% para frijol y de -4.22% para trigo. Para los casos en que no se observó ningún patrón de evolución se decidió utilizar el promedio de la serie.

Las superficies consideradas en los escenarios para papa y trigo son las observadas para 2002 en las series de áreas cultivadas del Banco de Guatemala (2002). Para frijoles y maíces, como ya se indicó en la metodología, hubo necesidad de estimarlas con proporciones censales y con las series del Banco de Guatemala (2002).

Como área de influencia de las variedades de frijol de tierras altas se tomó la superficie de frijol en monocultivo sembrada en el altiplano central y occidental, la cual según cifras tomadas del censo agropecuario, respecto a la superficie nacional representa el 9.07%. Para el área de influencia de las variedades de frijol de tierras bajas se tomó la superficie censal de frijol en monocultivo del oriente y suroriente del país, la cual representa el 32.29% de la superficie nacional de esta leguminosa (Cuadro A-8, del Anexo III).

El área de influencia de los híbridos de maíz, como ya se indicó, es la superficie sembrada con maíz en monocultivo en la planicie del pacífico (la parte baja de los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango, todas las áreas de maíz de Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla), y en los departamentos de Santa Rosa, Jalapa, Jutiapa, Chiquimula, Zacapa y El Progreso. Respecto a la superficie nacional de maíz, ésta área representa el 30.08% (Cuadros A-9 y A-10 del Anexo III).

Para la superficie y precios de ajo no existen series históricas, solamente se obtuvo información actual, por lo que en la evaluación costo-beneficio del desarrollo de variedades de esta liliácea, se asumió que ambas variables permanecen constantes. Sabemos que la superficie de ajo ha venido reduciéndose como consecuencia de los problemas derivados de la producción basal del ajo, sin embargo, el asumir que la superficie de cultivo se mantiene constante puede no ser grave pues con nuevas variedades con resistencia a los patógenos y mayores rendimientos puede crearse un estímulo para evitar una mayor reducción del área sembrada.

4.4 ESCENARIOS EVALUATIVOS Y RENTABILIDADES DETERMINADAS

Los escenarios construidos para evaluar económicamente las actividades de desarrollo de germoplasma de granos básicos, ajo y papa y los VAN estimados, son los siguientes:

i. Escenario evaluativo para la actividad de desarrollo de variedades de ajo

• Superficie cultivada:	1,946 manzanas
• Tasa anual de evolución de la superficie:	0.00%
• Adopción máxima esperada:	40%
• Años para alcanzar la adopción máxima esperada:	7 años
• Rendimiento actual:	283 qq/mz
• Rendimiento a lograr:	567 qq/mz
• Precio real actual al productor (Quetzales del 2002):	Q318 / qq
• Tasa anual de evolución de los precios reales:	0.00%
• Horizonte de tiempo para la evaluación:	17 años
• El incremento en producción ahorra divisas:	SI
• Valor actual neto (VAN) estimado:	Q76,478.029 miles

ii. Escenario evaluativo para la actividad de desarrollo de variedades de arroz

• Superficie cultivada:	22,416 manzanas
• Tasa anual de evolución de la superficie:	0.00%
• Adopción máxima esperada:	75%
• Años para alcanzar la adopción máxima esperada:	4 años
• Rendimiento actual:	40 qq/mz
• Rendimiento a lograr:	60 qq/mz
• Precio real actual al productor (Quetzales del 2002):	Q80.59 / qq
• Tasa anual de evolución de los precios reales:	-8.66%
• Horizonte de tiempo para la evaluación:	17 años
• El incremento en producción ahorra divisas:	SI
• Valor actual neto (VAN) estimado:	Q4,319.384 miles

iii. Escenario evaluativo para la actividad de desarrollo de variedades de frijol para tierras altas

• Superficie cultivada:	16,961 manzanas
• Tasa anual de evolución de la superficie:	-1.5%
• Adopción máxima esperada:	30%
• Años para alcanzar la adopción máxima esperada:	4 años
• Rendimiento actual:	10 qq/mz
• Rendimiento a lograr:	18 qq/mz
• Precio real actual al productor (Quetzales del 2002):	Q197.33 / qq
• Tasa anual de evolución de los precios reales:	-4.63%
• Horizonte de tiempo para la evaluación:	17 años
• El incremento en producción ahorra divisas:	SI
• Valor actual neto (VAN) estimado:	Q1,596.629 miles

iv. Escenario evaluativo para la actividad de desarrollo de variedades de frijol para tierras bajas

• Superficie cultivada:	60,382 manzanas
• Tasa anual de evolución de la superficie:	-1.5%
• Adopción máxima esperada:	30%
• Años para alcanzar la adopción máxima esperada:	4 años
• Rendimiento actual:	10 qq/mz
• Rendimiento a lograr:	18 qq/mz
• Precio real actual al productor (Quetzales del 2002):	Q197.33 / qq
• Tasa anual de evolución de los precios reales:	-4.63%
• Horizonte de tiempo para la evaluación:	17 años
• El incremento en producción ahorra divisas:	SI
• Valor actual neto (VAN) estimado:	Q6,668.014 miles

v. Escenario evaluativo para la actividad de desarrollo de híbridos de maíz para tierras bajas

• Superficie cultivada:	258,615 manzanas
• Tasa anual de evolución de la superficie:	-1.05%
• Adopción máxima esperada:	30%
• Años para alcanzar la adopción máxima esperada:	4 años
• Rendimiento actual:	45 qq/mz
• Rendimiento a lograr:	60 qq/mz
• Precio real actual al productor (Quetzales del 2002):	Q42.48 / qq
• Tasa anual de evolución de los precios reales:	-7%
• Horizonte de tiempo para la evaluación:	17 años
• El incremento en producción ahorra divisas:	SI
• Valor actual neto (VAN) estimado:	Q8,645.894 miles

vi. Escenario evaluativo para la actividad de desarrollo de variedades de maíz para el Altiplano Occidental

• Superficie cultivada:	57,934 manzanas
• Tasa anual de evolución de la superficie:	-1.05%
• Adopción máxima esperada:	20%
• Años para alcanzar la adopción máxima esperada:	4 años
• Rendimiento actual:	45 qq/mz
• Rendimiento a lograr:	60 qq/mz
• Precio real actual al productor (Quetzales del 2002):	Q42.48 / qq
• Tasa anual de evolución de los precios reales:	-7%
• Horizonte de tiempo para la evaluación:	17 años
• El incremento en producción ahorra divisas:	SI
• Valor actual neto (VAN) estimado:	Q1,680.317 miles

vii. Escenario evaluativo para la actividad de desarrollo de variedades de maíz para secano no favorecido (para sequía)

• Superficie cultivada:	71,908 manzanas
• Tasa anual de evolución de la superficie:	0.00%
• Adopción máxima esperada:	30%
• Años para alcanzar la adopción máxima esperada:	4 años
• Rendimiento actual:	45 qq/mz
• Rendimiento a lograr:	60 qq/mz
• Precio real actual al productor (Quetzales del 2002):	Q42.48 / qq
• Tasa anual de evolución de los precios reales:	-7%
• Horizonte de tiempo para la evaluación:	17 años
• El incremento en producción ahorra divisas:	SI
• Valor actual neto (VAN) estimado:	Q2,626.569 miles

viii. Escenario evaluativo para la actividad de desarrollo de variedades de papa

• Superficie cultivada:	15,000 manzanas
• Tasa anual de evolución de la superficie:	2.24%
• Adopción máxima esperada:	30%
• Años para alcanzar la adopción máxima esperada:	5 años
• Rendimiento actual:	365 qq/mz
• Rendimiento a lograr:	550 qq/mz
• Precio real actual al productor (Quetzales del 2002):	Q60 / qq
• Tasa anual de evolución de los precios reales:	0%
• Horizonte de tiempo para la evaluación:	17 años
• El incremento en producción ahorra divisas:	NO
• Valor actual neto (VAN) estimado:	Q153,566.426 miles

ix. Escenario evaluativo para la actividad de desarrollo de variedades de trigo

• Superficie cultivada:	6,700 manzanas
• Tasa anual de evolución de la superficie:	-9.79%
• Adopción máxima esperada:	75%
• Años para alcanzar la adopción máxima esperada:	4 años
• Rendimiento actual:	30 qq/mz
• Rendimiento a lograr:	45 qq/mz
• Precio real actual al productor (Quetzales del 2002):	Q62.13 / qq
• Tasa anual de evolución de los precios reales:	-4.22%
• Horizonte de tiempo para la evaluación:	17 años
• El incremento en producción ahorra divisas:	SI
• Valor actual neto (VAN) estimado:	Q111.554 miles

5. EL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL

5.1 LA FUNCIÓN OBJETIVO

En el modelo de programación lineal desarrollado, se busca maximizar la suma de los VAN de las nueve actividades de desarrollo de germoplasma para granos básicos, papa y ajo. La función objetivo es la siguiente:

$$\text{(MAX) } Z = 76478.029 \text{ AJ} + 4319.384 \text{ AR} + 1596.629 \text{ FA} + 6668.014 \text{ FB} + 8645.894 \text{ MH} \\ + 1680.317 \text{ MA} + 2626.569 \text{ MS} + 153566.426 \text{ P} + 111.554 \text{ T}$$

en donde:

- AJ actividad de desarrollo de variedades de ajo;
- AR actividad de desarrollo de variedades de arroz;
- FA actividad de desarrollo de variedades de frijol para tierras altas;
- FB actividad de desarrollo de variedades de frijol para tierras bajas;
- MH actividad de desarrollo de híbridos de maíz para tierras bajas;
- MA actividad de desarrollo de variedades de maíz para el altiplano occidental;
- MS actividad de desarrollo de variedades de maíz para secano no favorecido;
- P actividad de desarrollo de variedades de papa; y
- T actividad de desarrollo de variedades de trigo;

El factor que acompaña a cada variable identifica al VAN que dicha actividad permite alcanzar y está medido en miles de Quetzales del año 2002.

5.2 RESTRICCIONES

La optimización de la función objetivo se hace sujeta a un conjunto de restricciones. Unas están referidas a financiamiento, otras a la disponibilidad de investigadores y otras son puramente formales y buscan conducir al modelo hacia una solución óptima que considere solamente actividades enteras.

5.2.1 RESTRICCIONES DE FINANCIAMIENTO

Como ya se ha indicado, los rubros de gasto a cubrir en este modelo son combustibles y lubricantes, insumos, repuestos y otros suministros, mano de obra para reparaciones y otros

servicios no personales y jornales. Para financiar estos rubros, de acuerdo con Selvin Arriaga (Director de Programación del ICTA), se dispone de Q500 miles anuales.

Las 17 restricciones de gasto anual son la siguientes:

Año 1) 38.701 AJ +59.588 AR +70.134 FA +76.836 FB +107.71 MH +71.245 MA
+71.245 MS +33.399 P +36.485 T ≤ 500

Año 2) 38.701 AJ +59.588 AR +70.134 FA +76.836 FB +107.71 MH +71.245 MA
+71.245 MS +33.399 P +36.485 T ≤ 500

Año 3) 38.701 AJ +59.588 AR +70.134 FA +76.836 FB +107.71 MH +71.245 MA
+71.245 MS +33.399 P +36.485 T ≤ 500

Año 4) 38.701 AJ +59.588 AR +70.134 FA +76.836 FB +107.71 MH +71.245 MA
+71.245 MS +33.399 P +36.485 T ≤ 500

Año 5) 38.701 AJ +59.588 AR +70.134 FA +76.836 FB +107.71 MH +71.245 MA
+71.245 MS +33.399 P +36.485 T ≤ 500

Año 6) 38.701 AJ +59.588 AR +70.134 FA +76.836 FB +107.71 MH +71.245 MA
+71.245 MS +99.288 P +36.485 T ≤ 500

Año 7) 38.701 AJ +59.588 AR +70.134 FA +76.836 FB +107.71 MH +71.245 MA
+71.245 MS +66.409 P +36.485 T ≤ 500

Año 8) 18.178 AJ +59.588 AR +70.134 FA +76.836 FB +107.71 MH +71.245 MA
+71.245 MS +123 P +36.485 T ≤ 500

Año 9) 22.456 AJ +59.588 AR +70.134 FA +76.836 FB +107.71 MH +71.245 MA
+71.245 MS +123 P +36.485 T ≤ 500

Año 10) 44.000 AJ +59.588 AR +70.134 FA +76.836 FB +107.71 MH +71.245 MA
+71.245 MS +123 P +36.485 T ≤ 500

Año 11) 44.000 AJ +28.569 AR +29.461 FA +38.666 FB +41.622 MH +41.622 MA
+41.622 MS +123 P +49.954 T ≤ 500

Año 12) 44.000 AJ +39.696 AR +29.933 FA +29.933 FB +30.284 MH +30.284 MA
+30.284 MS +123 P +68.119 T ≤ 500

Año 13) 44.000 AJ +80 AR +60 FA +60 FB +60 MH +60 MA +60 MS +60 P
+68.119 T ≤ 500

Año 14) $44.000 \text{ AJ} + 80 \text{ AR} + 60 \text{ FA} + 60 \text{ FB} + 60 \text{ MH} + 60 \text{ MA} + 60 \text{ MS} + 60 \text{ P} + 68.119 \text{ T} \leq 500$

Año 15) $44.000 \text{ AJ} + 80 \text{ AR} + 60 \text{ FA} + 60 \text{ FB} + 60 \text{ MH} + 60 \text{ MA} + 60 \text{ MS} + 60 \text{ P} + 68.119 \text{ T} \leq 500$

Año 16) $44.000 \text{ AJ} + 80 \text{ AR} + 60 \text{ FA} + 60 \text{ FB} + 60 \text{ MH} + 60 \text{ MA} + 60 \text{ MS} + 60 \text{ P} + 68.119 \text{ T} \leq 500$

Año 17) $22.000 \text{ AJ} + 50 \text{ AR} + 25 \text{ FA} + 25 \text{ FB} + 25 \text{ MH} + 25 \text{ MA} + 25 \text{ MS} + 60 \text{ P} + 25 \text{ T} \leq 500$

El coeficiente que acompaña a cada variable identifica el requerimiento de gasto de cada actividad en el i-ésimo año (en miles de Quetzales del año 2002), y el sentido directo de cada restricción es que la suma total del gasto anual no puede ser mayor que Q500 miles.

5.2.2 RESTRICCIONES DE DISPONIBILIDAD DE INVESTIGADORES

En el ICTA, asociados a actividades de investigación en granos básicos, papa y ajo se puede disponer de 24 investigadores. Esta cifra comprende investigadores propios de cada actividad de mejoramiento genético e investigadores para trabajo en fincas de agricultores.

Del mismo modo que las restricciones de financiamiento, las de disponibilidad de investigadores se establecieron para 17 años. Estas restricciones son las siguientes:

Año 1) $1 \text{ AJ} + 2 \text{ AR} + 1 \text{ FA} + 1 \text{ FB} + 4 \text{ MH} + 3 \text{ MA} + 3 \text{ MS} + 0.4 \text{ P} + 2 \text{ T} \leq 24$

Año 2) $1 \text{ AJ} + 2 \text{ AR} + 1 \text{ FA} + 1 \text{ FB} + 4 \text{ MH} + 3 \text{ MA} + 3 \text{ MS} + 0.4 \text{ P} + 2 \text{ T} \leq 24$

Año 3) $1 \text{ AJ} + 2 \text{ AR} + 1 \text{ FA} + 1 \text{ FB} + 4 \text{ MH} + 3 \text{ MA} + 3 \text{ MS} + 0.4 \text{ P} + 2 \text{ T} \leq 24$

Año 4) $1 \text{ AJ} + 2 \text{ AR} + 1 \text{ FA} + 1 \text{ FB} + 4 \text{ MH} + 3 \text{ MA} + 3 \text{ MS} + 0.4 \text{ P} + 2 \text{ T} \leq 24$

Año 5) $1 \text{ AJ} + 2 \text{ AR} + 1 \text{ FA} + 1 \text{ FB} + 4 \text{ MH} + 3 \text{ MA} + 3 \text{ MS} + 0.4 \text{ P} + 2 \text{ T} \leq 24$

Año 6) $1 \text{ AJ} + 2 \text{ AR} + 1 \text{ FA} + 1 \text{ FB} + 4 \text{ MH} + 3 \text{ MA} + 3 \text{ MS} + 1 \text{ P} + 2 \text{ T} \leq 24$

Año 7) $1 \text{ AJ} + 2 \text{ AR} + 1 \text{ FA} + 1 \text{ FB} + 4 \text{ MH} + 3 \text{ MA} + 3 \text{ MS} + 3 \text{ P} + 2 \text{ T} \leq 24$

Año 8) $0.5 \text{ AJ} + 2 \text{ AR} + 1 \text{ FA} + 1 \text{ FB} + 4 \text{ MH} + 3 \text{ MA} + 3 \text{ MS} + 3 \text{ P} + 2 \text{ T} \leq 24$

Año 9) $1 \text{ AJ} + 2 \text{ AR} + 1 \text{ FA} + 1 \text{ FB} + 4 \text{ MH} + 3 \text{ MA} + 3 \text{ MS} + 3 \text{ P} + 2 \text{ T} \leq 24$

Año 10) $3 \text{ AJ} + 2 \text{ AR} + 1 \text{ FA} + 1 \text{ FB} + 4 \text{ MH} + 3 \text{ MA} + 3 \text{ MS} + 3 \text{ P} + 2 \text{ T} \leq 24$

$$\text{Año 11) } 3 \text{ AJ} + 1 \text{ AR} + 1.5 \text{ FA} + 1.5 \text{ FB} + 2 \text{ MH} + 2 \text{ MA} + 2 \text{ MS} + 3 \text{ P} + 1.5 \text{ T} \leq 24$$

$$\text{Año 12) } 3 \text{ AJ} + 3 \text{ AR} + 3 \text{ FA} + 3 \text{ FB} + 3 \text{ MH} + 3 \text{ MA} + 3 \text{ MS} + 3 \text{ P} + 3 \text{ T} \leq 24$$

$$\text{Año 13) } 3 \text{ AJ} + 3 \text{ AR} + 3 \text{ FA} + 3 \text{ FB} + 3 \text{ MH} + 3 \text{ MA} + 3 \text{ MS} + 1 \text{ P} + 3 \text{ T} \leq 24$$

$$\text{Año 14) } 3 \text{ AJ} + 3 \text{ AR} + 3 \text{ FA} + 3 \text{ FB} + 3 \text{ MH} + 3 \text{ MA} + 3 \text{ MS} + 1 \text{ P} + 3 \text{ T} \leq 24$$

$$\text{Año 15) } 3 \text{ AJ} + 3 \text{ AR} + 3 \text{ FA} + 3 \text{ FB} + 3 \text{ MH} + 3 \text{ MA} + 3 \text{ MS} + 1 \text{ P} + 3 \text{ T} \leq 24$$

$$\text{Año 16) } 3 \text{ AJ} + 3 \text{ AR} + 3 \text{ FA} + 3 \text{ FB} + 3 \text{ MH} + 3 \text{ MA} + 3 \text{ MS} + 1 \text{ P} + 3 \text{ T} \leq 24$$

$$\text{Año 17) } 1 \text{ AJ} + 1 \text{ AR} + 1 \text{ FA} + 1 \text{ FB} + 1 \text{ MH} + 1 \text{ MA} + 1 \text{ MS} + 1 \text{ P} + 1 \text{ T} \leq 24$$

En este caso, cada coeficiente que acompaña a las variables indica el número de investigadores que necesita una actividad de desarrollo de germoplasma en el *i*-ésimo año, y para cada año, cada restricción plantea que la cantidad total de investigadores empleados no puede ser mayor que la disponibilidad institucional (24 investigadores).

5.2.3 RESTRICCIONES PARA ELEGIR ACTIVIDADES ENTERAS

Con el modelo se busca encontrar un plan óptimo de asignación de recursos (financiamiento e investigadores), sin embargo, no es posible tener un plan que considere más de una unidad por actividad de desarrollo de germoplasma ni que tome fracciones de unidad, ya que todas las actividades son indivisibles. Este atributo particular de las actividades de investigación obligó a considerar un juego de restricciones que hicieran que en la solución del modelo apareciera solamente una unidad de cada actividad elegida o ninguna de ella. En este sentido, para una primera corrida del modelo, se estableció un juego de restricciones que buscó que el modelo en su solución no tomara más de una unidad de las actividades. Estas restricciones fueron las siguientes:

$$1) \text{ AJ} \leq 1$$

$$2) \text{ AR} \leq 1$$

$$3) \text{ FA} \leq 1$$

$$4) \text{ FB} \leq 1$$

$$5) \text{ MH} \leq 1$$

$$6) \text{ MA} \leq 1$$

7) $MS \leq 1$

8) $P \leq 1$

9) $T \leq 1$

En segundas corridas del modelo se estableció un nuevo juego de restricciones que buscaron que en caso de existir fracciones de actividad investigativa, el modelo tomara un valor de cero. Este procedimiento de solución se conoce en la literatura como el enfoque de ramificar y acotar (Taha, 1981).

5.3 RESOLUCIÓN DEL MODELO

Para optimizar la función objetivo se empleó una versión demostrativa del programa “Linear and Discrete Optimizar (LINDO)”.

6. RESULTADOS FINALES

6.1 PLAN ÓPTIMO DE INVESTIGACIÓN

Los resultados obtenidos en la optimización del modelo se presentan en el cuadro 9. En la primera columna de niveles de actividad se tiene la corrida inicial y en la segunda columna, la final, donde se acotó la selección de actividades con valores fraccionarios. De acuerdo con estos resultados, el plan de investigación debe considerar el desarrollo de variedades de ajo, de arroz, de frijol de tierras bajas, de maíz para secano no favorecido y de papa e híbridos de maíz para tierras bajas y excluir el desarrollo de variedades de frijol para tierras altas, de maíz para el altiplano y de trigo. El VAN total que permite este plan asciende a Q252,304.3 miles.

Como el plan es para asignación de recursos, es necesario explorar como será el uso de los mismos. En este sentido, en los cuadros 10 y 11 se presenta la ocupación que dicho plan hace del financiamiento y de los investigadores.

En el cuadro 10 puede apreciarse que en ninguno de los 17 años, el plan llega a ocupar toda la disponibilidad de fondos (Q500 miles anuales). El período de mayor intensidad en el uso de los fondos lo forman los años del sexto al décimo, los cuales representan la segunda mitad de la etapa de formación del germoplasma. En este período, el gasto oscila entre Q420 y Q482 miles anuales.

Respecto a la ocupación de investigadores, en el cuadro 11 se puede observar que en ninguno de los 17 años, éste plan permitiría ocupar los 24 investigadores disponibles. Se ocupan aproximadamente entre uno y dos tercios de la disponibilidad. La mayor ocupación se da en el año décimo con 16 investigadores, en el año décimo segundo con 18 investigadores y del décimo tercero al décimo sexto con 16 investigadores. En su orden respectivo, estos años corresponden al último de la etapa de desarrollo del germoplasma, la validación en campo de agricultores y los primeros cuatro años de transferencia. En el resto de años se ocupa un número modal de 11 investigadores.

Cuadro 9. Plan óptimo de investigación

<i>Actividad</i>	<i>Nivel de actividad</i>	
	<i>Corrida inicial</i>	<i>Corrida final</i>
Desarrollo de variedades de ajo	1	1
Desarrollo de variedades de arroz	1	1
Desarrollo de variedades de frijol negro para tierras altas	0	0
Desarrollo de variedades de frijol negro para tierras bajas	1	1
Desarrollo de híbridos de maíz para tierras bajas	1	1
Desarrollo de variedades de maíz para el altiplano occidental	0.24733	0
Desarrollo de variedades de maíz para seco no favorecido	1	1
Desarrollo de variedades de papa	1	1
Desarrollo de variedades de trigo	0	0
Valor presente neto (miles de Quetzales de año 2002)	252,719.9	252,304.3

Cuadro 10. Ocupación del presupuesto de suministros, servicios y jornales con el plan óptimo de investigación. (Miles de Quetzales del año 2002)

<i>Año</i>	<i>Disponibilidad</i>	<i>Fondos ocupados</i>	<i>Sobrante</i>
Año 1	500	387.48	112.52
Año 2	500	387.48	112.52
Año 3	500	387.48	112.52
Año 4	500	387.48	112.52
Año 5	500	387.48	112.52
Año 6	500	453.37	46.63
Año 7	500	420.49	79.51
Año 8	500	456.56	43.44
Año 9	500	460.84	39.16
Año 10	500	482.38	17.62
Año 11	500	317.48	182.52
Año 12	500	297.20	202.80
Año 13	500	364.00	136.00
Año 14	500	364.00	136.00
Año 15	500	364.00	136.00
Año 16	500	364.00	136.00
Año 17	500	207.00	293.00

Cuadro 11. Ocupación de investigadores con el plan óptimo de investigación

<i>Año</i>	<i>Disponibilidad</i>	<i>Ocupados</i>	<i>Sobrante</i>
Año 1	24	11.40	12.60
Año 2	24	11.40	12.60
Año 3	24	11.40	12.60
Año 4	24	11.40	12.60
Año 5	24	11.40	12.60
Año 6	24	12.00	12.00
Año 7	24	14.00	10.00
Año 8	24	13.50	10.50
Año 9	24	14.00	10.00
Año 10	24	16.00	8.00
Año 11	24	12.50	11.50
Año 12	24	18.00	6.00
Año 13	24	16.00	8.00
Año 14	24	16.00	8.00
Año 15	24	16.00	8.00
Año 16	24	16.00	8.00
Año 17	24	6.00	18.00

6.2 EFECTOS DERIVADOS DE FORZAR LA ENTRADA DEL DESARROLLO VARIETADES DE FRIJOL PARA TIERRAS ALTAS, DE MAÍZ PARA EL ALTIPLANO Y DE TRIGO EN EL PLAN DE INVESTIGACIÓN

Con el propósito de determinar que implicaciones conlleva la introducción forzada de las actividades de desarrollo variedades de frijol para tierras altas, de maíz para el altiplano occidental y de trigo, se establecieron restricciones que obligan al modelo a tomar estas actividades en su solución.

En el cuadro 11 se puede apreciar que en su orden, la entrada obligatoria de estas actividades saca del plan óptimo a la actividad de desarrollo de variedades de maíz para secano no favorecido y los beneficios de la investigación se reducen entre Q712 y Q999 miles.

Cuadro 12. Cambios en la solución derivados de la introducción forzada de las actividades de desarrollo de variedades de frijol para tierras altas, de maíz para el altiplano occidental y de trigo

Actividad	Primera solución sin requerimientos obligatorios	Primeras soluciones del modelo con la introducción obligatoria de la actividad de desarrollo de:		
		Variedad de frijol para Tierras Altas	Variedad de maíz para el Altiplano Occidental	Variedad de trigo
Desarrollo de variedad de ajo	1	1	1	1
Desarrollo de variedad de arroz	1	1	1	1
Desarrollo de variedades de frijol para tierras altas	0	1	0	0
Desarrollo de variedades de frijol para tierras bajas	1	1	1	1
Desarrollo de híbridos de maíz para tierras bajas	1	1	1	1
Desarrollo de variedades de maíz para el altiplano occidental	0.24733	0	1	0
Desarrollo de variedades de maíz con resistencia a sequía	1	0.262924	0.24733	0.735223
Desarrollo de variedades de papa	1	1	1	1
Desarrollo de variedades de trigo	0	0	0	1
Valor presente neto (miles de Quetzales de 2002)	252,719.9	251,965.0	252,007.7	251,720.4
Pérdida sobre la corrida inicial (miles de Quetzales de 2002)		754.9	712.2	999.5

6.3 MODELO QUE EXCLUYE LAS ACTIVIDADES DE DESARROLLO DE VARIEDADES DE PAPA Y AJO

Como puede apreciarse en los cuadros 9 y 12, el desarrollo de variedades papa y ajo ejerce dominancia sobre las actividades para la formación de variedades de frijol para tierras altas, de maíz para el altiplano occidental y de trigo. Esto se debe a la rentabilidad más alta que poseen y que se deriva de los mayores precios que alcanzan en el mercado sus productos finales (papa y ajo para consumo).

Para observar que implicaciones tiene en el plan de investigación la exclusión de estas actividades, se programaron restricciones que impiden su entrada en la solución óptima. Los resultados obtenidos se presentan en los cuadros 13, 14 y 15.

En el cuadro 13 se presenta el plan óptimo obtenido con las dos restricciones que excluyen el desarrollo de variedades de papa y ajo. Puede observarse que si la lista de posibilidades de investigación tuviese solamente actividades para el desarrollo de germoplasma de granos básicos (arroz, frijol, maíz y trigo), el plan óptimo tomaría toda la lista. Sin embargo, el costo que pagaría la economía sería una reducción de los beneficios de Q226,655.94 miles. Con el modelo sin restricciones para la selección de actividades se obtienen beneficios por Q252,304.30 y con éste con restricciones a la entrada, los beneficios son de Q25,648.36 .

Por otro lado, en los cuadros 14 y 15 puede apreciarse que este segundo plan ocupa casi todos los fondos e investigadores disponibles. Principalmente en la etapa de desarrollo del germoplasma y en su transferencia. En la primera etapa consume Q493 miles anuales y ocupa 16 investigadores, y en la segunda, requiere de Q448 miles anuales y ocupa 21 investigadores.

Con estos resultados surge una pregunta de política pública: ¿cuál plan apoyar? y su respuesta depende de que objetivo de política se apoyará: EFICIENCIA ó EQUIDAD. Si fuese eficiencia, se debe apoyar el plan obtenido con el modelo sin restricciones a la entrada, ya que permite mayores retornos por unidad de recurso. Y si fuese equidad, se debería apoyar el plan de este segundo modelo, ya que permite alcanzar una mayor población de productores.

Sin embargo, la decisión puede ser más rica en beneficios si se apoyan todas las actividades de investigación y se buscan fondos foráneos a la institución para financiar las

actividades que sean excluidas en el plan que se apoye. En términos de buscar recursos adicionales, puede resultar menor el esfuerzo si se apoya el plan del modelo sin restricciones a la entrada, que es el que ahorra más fondos e investigadores.

Cuadro 13. Plan de investigación del modelo que restringe la entrada en la solución óptima a las actividades de desarrollo de variedades de papa y ajo

<i>Actividad</i>	<i>Nivel de actividad</i>
Desarrollo de variedad de ajo	0
Desarrollo de variedad de arroz	1
Desarrollo de variedades de frijol para tierras altas	1
Desarrollo de variedades de frijol para tierras bajas	1
Desarrollo de híbridos de maíz para tierras bajas	1
Desarrollo de variedades de maíz para el altiplano occidental	1
Desarrollo de variedades de maíz con resistencia a sequía	1
Desarrollo de variedades de papa	0
Desarrollo de variedades de trigo	1
Valor presente neto (miles de Quetzales de año 2002): Q25,648.36 miles	

Cuadro 14. Ocupación del presupuesto de suministros, servicios y jornales con el plan óptimo del modelo que restringe la entrada en la solución óptima a las actividades de desarrollo de variedades de papa y ajo

<i>Año</i>	<i>Disponibilidad</i>	<i>Fondos ocupados</i>	<i>Sobrante</i>
Año 1	500	493.24	6.76
Año 2	500	493.24	6.76
Año 3	500	493.24	6.76
Año 4	500	493.24	6.76
Año 5	500	493.24	6.76
Año 6	500	493.24	6.76
Año 7	500	493.24	6.76
Año 8	500	493.24	6.76
Año 9	500	493.24	6.76
Año 10	500	493.24	6.76
Año 11	500	271.52	228.48
Año 12	500	258.53	241.47
Año 13	500	448.12	51.88
Año 14	500	448.12	51.88
Año 15	500	448.12	51.88
Año 16	500	448.12	51.88
Año 17	500	200.00	300.00

Cuadro 15. Ocupación de investigadores con el plan óptimo de investigación del modelo que restringe la entrada en la solución óptima a las actividades de desarrollo de variedades de papa y ajo

<i>Año</i>	<i>Disponibilidad</i>	<i>Ocupados</i>	<i>Sobrante</i>
Año 1	24	16.00	8
Año 2	24	16.00	8
Año 3	24	16.00	8
Año 4	24	16.00	8
Año 5	24	16.00	8
Año 6	24	16.00	8
Año 7	24	16.00	8
Año 8	24	16.00	8
Año 9	24	16.00	8
Año 10	24	16.00	8
Año 11	24	11.50	12.5
Año 12	24	21.00	3
Año 13	24	21.00	3
Año 14	24	21.00	3
Año 15	24	21.00	3
Año 16	24	21.00	3
Año 17	24	7.00	17

7. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Si todos los fondos disponibles se dedicaran exclusivamente al desarrollo de germoplasma de granos básicos, el plan óptimo de investigación seleccionaría a todas las alternativas en la lista de posibilidades.

Sin embargo, si la elección debe hacerse considerando variedades de papa y ajo, el plan de investigación excluye el desarrollo de variedades de frijol para tierras altas, de maíz para el altiplano y de trigo.

Cual plan apoyar es una decisión de política y depende de que objetivo reciba mayor ponderación: ¿eficiencia o equidad? Si prevalece equidad, el plan que excluye papa y ajo constituye el mejor curso, ya que beneficia mayor número de agricultores, pero si prevalece eficiencia, el plan con la lista de posibilidades mayor es la mejor opción, ya que permite un volumen mayor de beneficios.

Un curso de acción que produce más bienestar, aunque obvio, es el apoyo de todas las actividades de investigación y complementar los recursos financieros necesarios con fondos foráneos a la institución.

Sin embargo, es necesario escoger un curso de acción para el uso de los recursos institucionales y buscar financiamiento foráneo para las actividades excluidas por la decisión que se tome. Una alternativa en este caso es apoyar el plan del modelo sin restricciones, ya que produce notablemente más beneficios y ahorra un poco más de recursos financieros y talentos humanos en su puesta en marcha.

Finalmente, las soluciones de los modelos muestran que con la disponibilidad de fondos actual, la institución se encuentra incapacitada para ocupar la planta de investigadores. La implicación obvia de este hallazgo es cerrar el reclutamiento de personal técnico adicional, excepto para los casos de investigadores con talentos especiales que no existen internamente.

8. REFERENCIAS

BANCO DE GUATEMALA (2002) Estadísticas de Producción, Exportación, Importación y Precios Medios de los Principales Productos Agrícolas. Guatemala, Banco de Guatemala, Departamento de Estadísticas Económicas.

BENEKE, R. R. and R. WINTERBOER (1973) Linear Programming Applications to Agriculture. Ames, Iowa, The Iowa State University Press.

DAYANANDA, D.; R. IRONS; S. HARRISON; J. HERBOHN and P. ROWLAND (2001) Capital Budgeting: Financial Appraisal of Investment Projects. Cambridge, U.K., Cambridge University Press.

DIRECCIÓN GENERAL DE ESTADÍSTICA (DGE) (1983) "Cultivos, Producción Agrícola y Forestal" en III Censo Nacional Agropecuario 1979. Volumen II, Tomo I. Guatemala, Dirección General de Estadística.

JÄÄSKELÄINE, V.; T. SALMI and Y. WASILJEFF (1976) International Capital Market Segmentation in the Face of Joint Operating Capital Budgeting Decision of Multinational Firm. Management Working Paper 76-23. Brussels, Belgium, European Institute for Advanced Studies.

NORTON, G. W. and J. S. DAVIS (1981) "Evaluating Returns to Agricultural Research: A Review" in *American Journal of Agricultural Economics* 63(4):685-699.

- REYES HERNÁNDEZ, M. (2002) Programa Evaluador *ex ante* de Tecnologías Agropecuarias (EVALEX). Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas.
- REYES HERNÁNDEZ, M. (2003) Determinación del Tamaño de Muestra para la Validación de Tecnología con Agricultores: El caso de las variedades de frijol en el suroriente de Guatemala. Borrador de trabajo. Guatemala. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. En <http://infoagro.net/es/apps/library>
- RIVAS, L.; J. GARCIA; C. SERE; L. S. JARVIS; y L. R. SANINT: (1991) Modelo de Análisis de Excedentes Económicos. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- TAHA, H. A. (1981) Investigación de Operaciones: Una Introducción. Traducción del inglés de F. Paniagua Bocanegra. México, Representaciones y Servicios de Ingeniería.
- WOOD, S. y W. BAITX (1998) DREAM: Manual para el Usuario. San José, Costa Rica, IFPRI-BID-CIAT-IICA.

*

Anexo I

Gastos por etapa de trabajo en el desarrollo de germoplasma de granos básicos y ajo

Cuadro A-1. Gastos en suministros, jornales y servicios del proceso de mejoramiento genético de variedades de ajo Quetzales de 2002

	<i>Colecta de germaplasma</i>	<i>Tipificación y selección clonal</i>	<i>Población C1</i>	<i>Población C2</i>	<i>Población C3</i>	<i>Población C4</i>	<i>Población C5</i>	<i>Ensayo de Rend.</i>	<i>Total mejoramiento de la variedad</i>
Superficie (m ²)			200	200	200	440	440	440	1920
Duración (años)	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1	7
Número		1	1	1	1	1	1	1	7
Costos									
Maquinaria									
Jornales	1384.00	2595.00	1293.50	1293.50	1293.50	2111.25	2111.25	2111.25	14193.25
Insumos	1256.00	0.00	720.20	720.20	720.20	1440.39	1440.39	1440.39	7737.76
Análisis de laboratorio	0.00	0.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	2160.00
Combustibles y lubricantes	2000.00	0.00	395.62	395.62	395.62	870.36	870.36	870.36	5797.92
Servicios y rep vehículos	0.00	0.00	172.95	172.95	172.95	380.48	380.48	380.48	1660.27
Llantas y neumáticos	0.00	0.00	219.18	219.18	219.18	482.19	482.19	482.19	2104.11
Otros rubros (15% total)	696.00	389.25	474.22	474.22	474.22	846.70	846.70	846.70	5048.00
Total	5336.00	2984.25	3635.65	3635.65	3635.65	6491.37	6491.37	6491.37	38701.32

Cuadro A-2 Gastos en suministros, jornales y servicios del proceso de mejoramiento genético de variedades de arroz
Quetzales de 2002

	<i>Vivero de Cruzamien- tos</i>	<i>Segregantes F2</i>	<i>Segregantes F3</i>	<i>Segregantes F4</i>	<i>Segregantes F5</i>	<i>Segregantes F6</i>	<i>Parcela de observación</i>	<i>Vivero inter- nacional</i>	<i>Ensayo preliminar de rend</i>	<i>Parcela de reproduc de semilla</i>	<i>Total mejo- ramiento de la variedad</i>
Superficie (m ²)	250.00	2250.00	1600.00	1500.00	1017.00	225.00	3600.00	4050.00	780.00	1000.00	23292.00
Duración (años)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Número de ensayos ideal	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	19
Costos											
Maquinaria	16.07	161.07	115.00	115.00	79.00	16.07	258.00	290.00	570.00	72.61	1692.82
Jornales	168.68	2551.75	1859.75	1859.75	1340.75	168.68	2681.50	3373.50	7352.50	960.56	22317.41
Insumos	132.15	1191.33	851.16	844.34	581.93	133.07	1851.12	2070.97	4485.48	539.71	12681.24
Combustibles y lubricantes	74.19	667.70	474.81	445.13	301.80	66.77	1068.32	1201.85	2314.68	296.75	6912.00
Servicios y rep vehículos	16.16	145.48	103.45	96.99	65.76	14.55	232.77	261.86	504.33	64.66	1506.00
Llantas y neumáticos	27.91	251.16	178.60	167.44	113.52	25.12	401.85	452.09	870.69	111.63	2600.00
Otros rubros (15% total)	65.27	745.27	537.42	529.30	372.41	63.64	974.03	1147.54	2414.65	306.89	7156.42
Total	500.42	5713.75	4120.19	4057.94	2855.17	487.89	7467.59	8797.81	18512.33	2352.81	54865.89

Cuadro A-3. Gastos en suministros, jornales y servicios del proceso de mejoramiento genético de variedades de frijol para tierras altas. Quetzales de 2002

	Vivero de eval. de progenies	Vivero de cruzamientos	Segregantes F1	Segregantes F2	Segregantes F3	Segregantes F4	Segregantes F5	Segregantes F6	Ensayo preliminar de rend.	Ensayo de líneas avanzadas	Reproducción de germoplasma	Total mejoramiento de la variedad
Superficie (m ²)	150	150	1500	4500	4500	3500	3500	2500	1500	1110	1000	28740
Duración (años)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Número de ensayos	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	1	14
Costos												
Maquinaria	150.00	0.00	150.00	600.00	600.00	600.00	600.00	430.00	300	600	145	4175.00
Jornales	1427.25	5429.75	1211.00	4844.00	4844.00	4152.00	4152.00	3892.50	2653	4671	1344	38620.24
Insumos	271.43	322.54	374.21	931.54	931.54	727.13	727.13	517.38	627	1394	246	7070.24
Combustibles y lubricantes	34.82	34.82	348.23	1044.68	1044.68	812.53	812.53	580.38	696.45	1030.75	232.15	6672.00
Servicios y rep vehículos	7.79	7.79	77.92	233.77	233.77	181.82	181.82	129.87	155.85	230.65	51.95	1493.00
Llantas y neumáticos	11.48	11.48	114.82	344.47	344.47	267.92	267.92	191.37	229.65	339.87	76.55	2200.00
Conservación de germoplasma	3.95	3.95	39.46	118.37	118.37	92.07	92.07	65.76	78.91	116.79	26.30	756.00
Otros rubros (15% total)	286.01	871.55	347.35	1217.52	1217.52	1025.02	1025.02	871.09	711.09	1257.51	318.29	9147.97
Total	2192.73	6681.89	2662.99	9334.35	9334.35	7858.48	7858.48	6678.35	5451.66	9640.94	2440.24	70134.45

Cuadro A-4. Gastos en suministros, jornales y servicios del proceso de mejoramiento genético de variedades de frijol para tierras bajas. Quetzales de 2002

	<i>Evaluación de progenitores</i>	<i>Programa Cruzas</i>	<i>Vivero de crianza F1</i>	<i>Vivero de población F2</i>	<i>Prueba de progenies F3</i>	<i>Selección progenies F4</i>	<i>Selección progenies F5</i>	<i>Selección progenies F6</i>	<i>Ensayo preliminar de rend</i>	<i>Ensayo de líneas avanzadas</i>	<i>Incremento semilla genética</i>	<i>Renovación semilla genética</i>	<i>Total mejoramiento de la variedad</i>
Superficie (m ²)	150	150	1500	4500	4500	3500	3500	2500	1500	1110	1000	1000	29240.00
Duración (años)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	
Número de ensayos	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	1	0.5	15.50
Costos													
Maquinaria	10.73	10.73	107.31	321.93	321.93	250.39	250.39	178.85	214.62	317.64	71.54	35.77	2091.86
Jornales	1471.76	5474.26	1656.12	6179.36	6179.36	5190.61	5190.61	4634.37	3542.98	5988.55	1104.08	552.04	47164.11
Insumos	36.90	36.90	369.01	1107.03	1107.03	861.02	861.02	615.02	738.02	1092.27	246.01	123.00	7193.23
Combustibles y lubricantes	34.23	34.23	342.27	1026.81	1026.81	798.63	798.63	570.45	684.54	1013.12	228.18	114.09	6672.00
Servicios y rep vehículos	7.66	7.66	76.59	229.77	229.77	178.71	178.71	127.65	153.18	226.71	51.06	25.53	1493.00
Llantas y neumáticos	11.29	11.29	112.86	338.58	338.58	263.34	263.34	188.10	225.72	334.06	75.24	37.62	2200.00
Otros rubros (15% total)	235.88	836.26	399.62	1380.52	1380.52	1131.41	1131.41	947.17	833.86	1345.85	266.42	133.21	10022.13
Total	1808.45	6411.33	3063.78	10584.00	10584.00	8674.12	8674.12	7261.61	6392.92	10318.21	2042.52	1021.26	76836.33

Cuadro A-5. Gastos en suministros, jornales y servicios del proceso de desarrollo de híbridos de maíz para tierras bajas
Quetzales de 2002

	<i>Selección de pob.</i>	<i>Líneas S1</i>	<i>Líneas S2</i>	<i>Líneas S3</i>	<i>Eval. per se</i>	<i>Mestizaje Fase A-1</i>	<i>Mestizaje fase A-2</i>	<i>Mestizaje fase B</i>	<i>Identif. de líneas superiores</i>	<i>Formación de cruza simples</i>	<i>Eval. de cruza simples</i>	<i>Predicción de híbridos</i>	<i>Eval. de fracción superior</i>	<i>Increment. de semilla genética</i>	<i>Increment. de semilla básica</i>	<i>Total proceso de mejoramiento</i>
Superficie (m ²)	14000	6000	6000	6000	1500	1500	1500	10800	1000	3500	3000	9000	1000	1700	6989	206489.00
Duración (años)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Número de ensayos ideal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	12	20	1	1	50
Costos																
Maquinaria	312.50	156.25	156.25	156.25	78.25	78.25	78.25	235.00	78.25	78.25	469.50	1875.00	1565.00	45.70	187.86	5550.56
Jornales	2454.44	2584.19	2584.19	2584.19	400.06	1048.81	1048.81	1935.44	400.06	1319.13	4022.25	23225.25	8001.25	443.55	1823.50	53875.11
Insumos	1167.50	646.25	627.50	627.50	248.75	248.75	248.75	841.25	248.75	273.75	1642.50	7530.00	4975.00	166.10	682.86	20175.21
Combustibles y lubricantes	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	262.50	200.00	100.00	600.00	2400.00	4000.00	77.03	316.67	9356.20
Servicios y rep vehículos	629.80	269.91	269.91	269.91	67.48	67.48	67.48	485.84	44.99	157.45	809.74	4858.43	899.71	76.48	314.40	9289.00
Llantas y neumáticos	447.48	191.78	191.78	191.78	47.94	47.94	47.94	345.20	31.96	111.87	575.33	3452.00	639.26	54.34	223.39	6600.00
Otros rubros (15% total)	781.76	607.26	604.44	604.44	156.37	253.69	253.69	615.78	150.60	306.07	1217.90	6501.10	3012.03	152.86	628.43	15846.42
Total	5993.48	4655.64	4634.07	4634.07	1198.86	1944.93	1944.93	4721.01	1154.61	2346.51	9337.22	49841.78	23092.25	1016.04	4177.12	120692.50

Cuadro A-6. Gastos en suministros, jornales y servicios del proceso de mejoramiento genético de variedades de maíz
Quetzales de 2002

	<i>Colección de mat</i>	<i>Evaluación colecciones</i>	<i>Evaluación estabilidad colecciones</i>	<i>Conformación de poblaciones</i>	<i>Lote de recombinación</i>	<i>Líneas S1</i>	<i>Líneas S2</i>	<i>Líneas S3</i>	<i>Incremento semilla genética</i>	<i>Incremento semilla básica</i>	<i>Total mejoramiento de la variedad</i>
Superficie (m ²)	0	5400	1000	8250	2500	7000	1500	1500	1700	6989	72639
Duración (años)	1	1	1	1	1	1	1	1			
Número de ensayos ideal	0	3	20	1	1	2	1	1	1	1	31
Costos											
Maquinaria	0.00	937.50	3130.00	312.50	127.50	625.00	156.50	156.50	91.39	375.73	5912.62
Jornales	0.00	10769.25	16002.50	3870.88	1038.00	7741.75	800.13	800.13	887.09	3647.00	45556.72
Insumos	1000.00	3030.00	9950.00	1155.00	657.50	2310.00	497.50	497.50	332.20	1365.72	20795.42
Combustibles y lubricantes	2500.00	3000.00	8000.00	525.00	200.00	1050.00	400.00	400.00	154.05	633.34	16862.40
Servicios y rep vehículos	0.00	2071.64	2557.58	1055.00	319.70	1790.31	191.82	191.82	217.39	893.75	9289.00
Llantas y neumáticos	0.00	1471.94	1817.21	749.60	227.15	1272.04	136.29	136.29	154.46	635.02	6600.00
Conservación de germoplasma	3000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3000.00
Otros rubros (15% total)	975.00	3192.05	6218.59	1150.20	385.48	2218.36	327.34	327.34	275.49	1132.58	16202.42
Total	7475.00	24472.38	47675.87	8818.17	2955.33	17007.46	2509.57	2509.57	2112.08	8683.14	124218.57

Cuadro A-7. Gastos en suministros, jornales y servicios del proceso de mejoramiento genético de variedades de trigo
Quetzales de 2002

	<i>Cruza- mientos</i>	<i>Material Segregante F1 – F7</i>	<i>Materiales avanzados</i>		<i>Parcelas de incremento</i>	<i>Total mejora- miento de la variedad</i>
			<i>ensayos</i>	<i>viveros</i>		
Superficie (m ²)	300	5071.5	4410	1323	3528	14633
Ensayos	1	7	9	2	60	20
Duración (años)	1	7	3			
Costos						
Maquinaria	50.00	345.00	300.00	90.00	240.00	1025.00
Jornales	4584.50	2638.25	2163.25	648.75	2811.25	12846.00
Insumos	161.50	882.95	748.00	222.40	523.90	2538.75
Combustibles y lubricantes	109.89	1857.73	1615.42	484.63	1292.33	5360.00
Servicios y rep vehículos	102.51	1732.96	1506.92	452.08	1205.54	5000.00
Llantas y neumáticos	86.11	1455.68	1265.81	379.74	1012.65	4200.00
Conservación de germoplasma	15.50	262.02	227.85	68.35	182.28	756.00
Otros rubros (15% total)	766.50	1376.19	1174.09	351.89	1090.19	4758.86
Total	5876.51	10550.79	9001.34	2697.84	8358.14	36484.61

*

Anexo II
Evolución de las superficies sembradas y precios de arroz, frijol,
maíz, papa y trigo en Guatemala

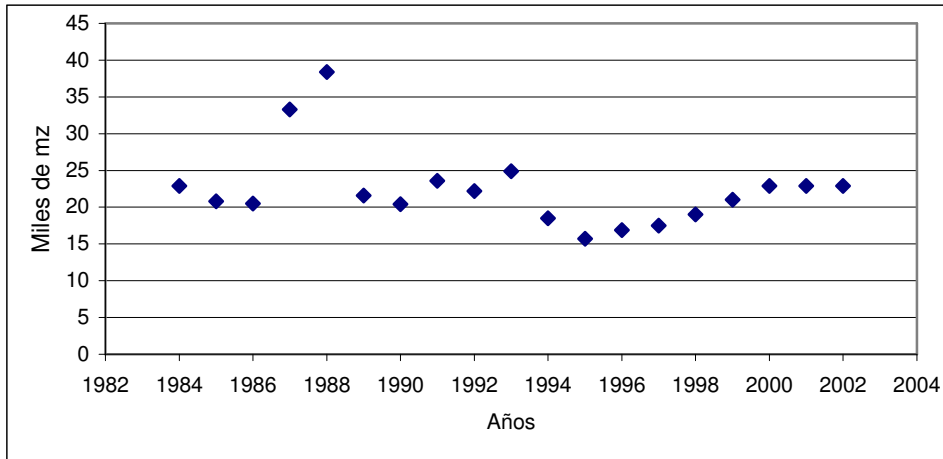
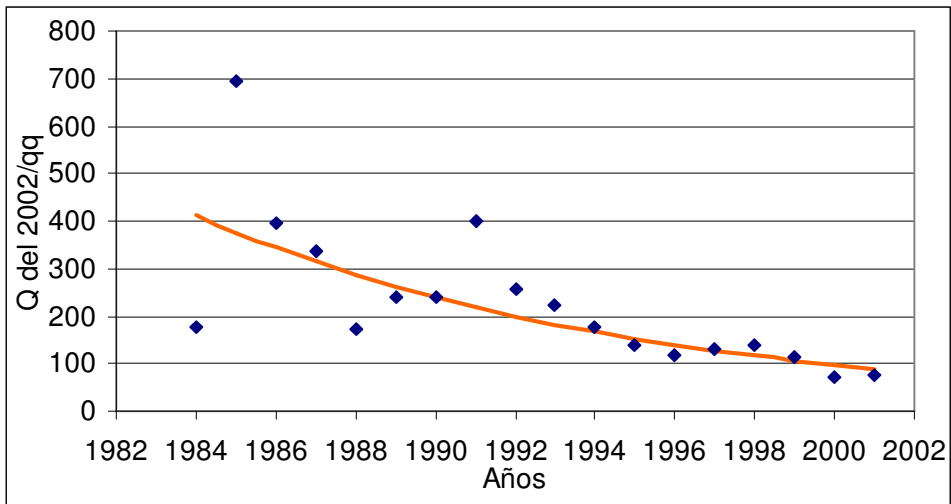
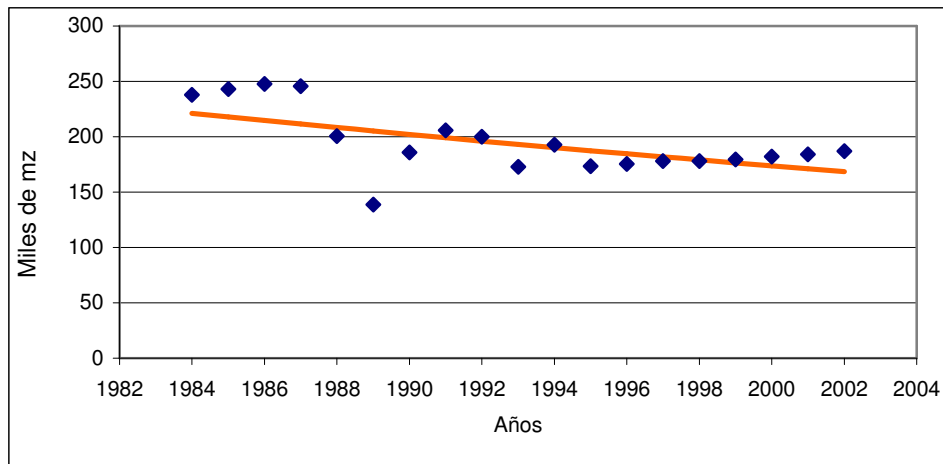


Figura 1. Superficies cultivadas de arroz, Guatemala, 1984-2002



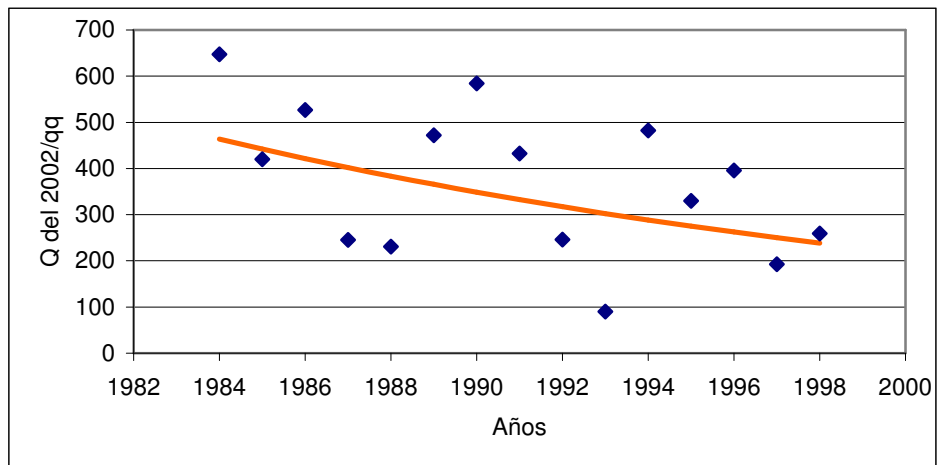
$LN(P) = 6.11127 - 0.09063 LN(t)$ [con origen en 1983 (t=0)]
 $R^2 = 0.65674$
 $F_c = 30.61235$ (significativa a un nivel menor al 0.01 de probabilidad)

Figura 2. Precios reales de importación de arroz, Guatemala, 1984-2001



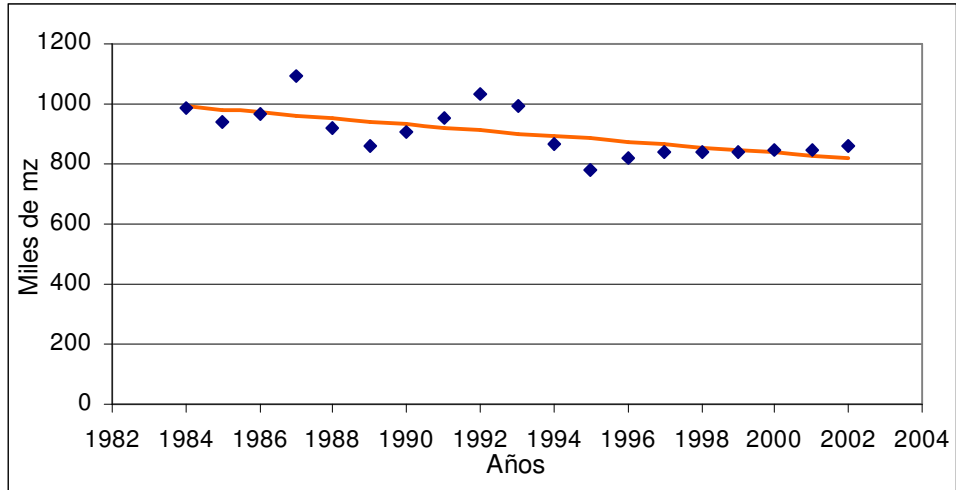
$LN(S) = 5.41428 - 0.01508 LN(t)$ [con origen en 1983 (t=0)]
 $R^2 = 0.32935$
 $F_c = 8.34842$ (significativa al 0.01 de probabilidad)

Figura 3. Superficies cultivadas de frijol, Guatemala, 1984-2002



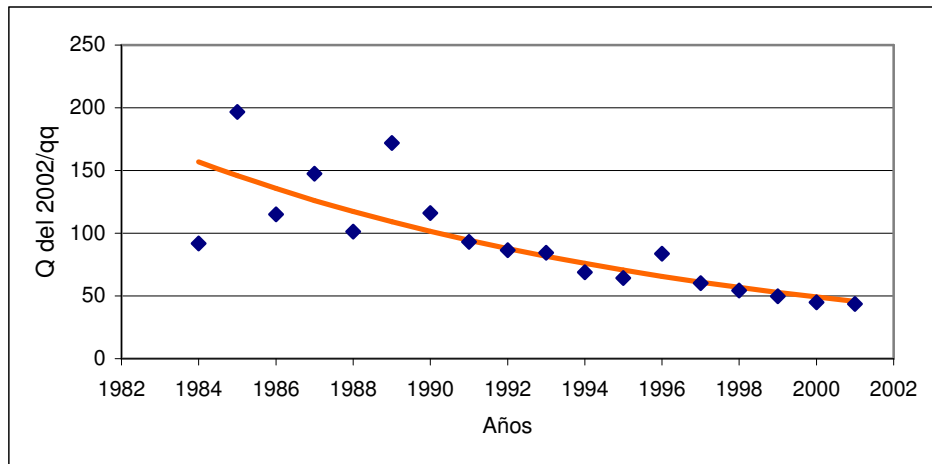
$LN(P) = 6.18673 - 0.04747 LN(t)$ [con origen en 1983 (t=0)]
 $R^2 = 0.16772$
 $F_c = 2.61969$ (significativa al 0.12954 de probabilidad)

Figura 4. Precios reales de importación de frijol, Guatemala, 1984-2001



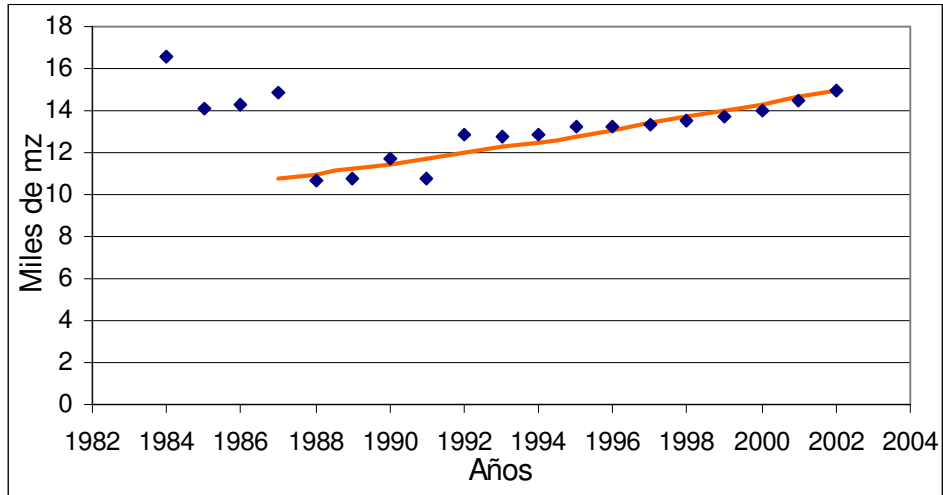
$LN(S) = 6.910366 - 0.01053 LN(t)$ [con origen en 1983 (t=0)]
 $R^2 = 0.44467$
 $Fc = 13.61226$ (significativa a un nivel menor al 0.01 de probabilidad)

Figura 5. Superficies cultivadas de maíz, Guatemala, 1984-2002



$LN(S) = 5.12755 - 0.07256 LN(t)$ [con origen en 1983 (t=0)]
 $R^2 = 0.76840$
 $Fc = 53.08392$ (significativa a un nivel menor al 0.01 de probabilidad)

Figura 6. Precios reales de importación de maíz, Guatemala, 1984-2001



$LN(S) = 2.28305 + 0.02220 LN(t)$ [con origen en 1983 (t=0)]
 $R^2 = 0.87594$
 $F_c = 91.78819$ (significativa a un nivel menor al 0.01 de probabilidad)

Figura 7. Superficies cultivadas de papa, Guatemala, 1984-2002

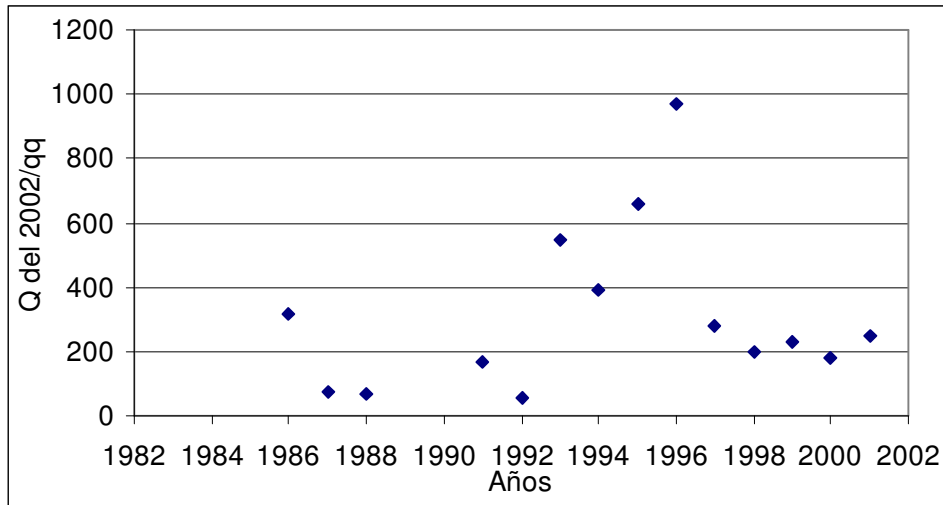
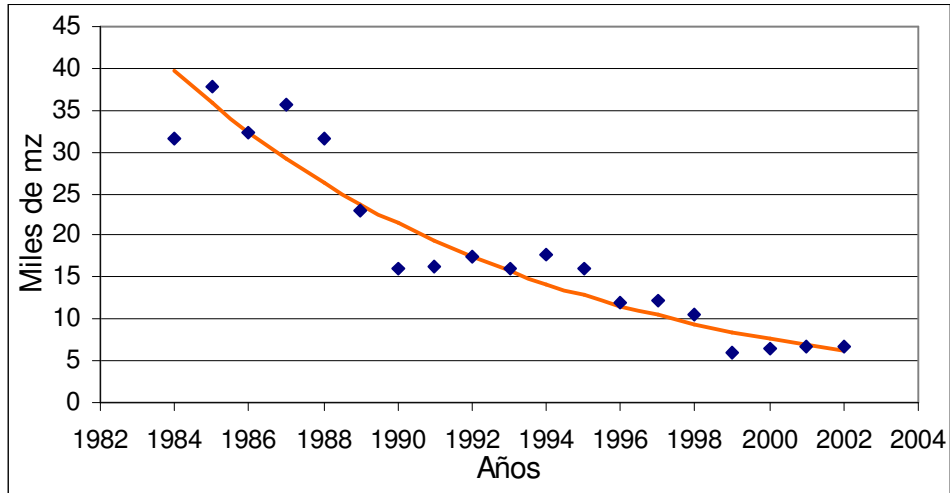
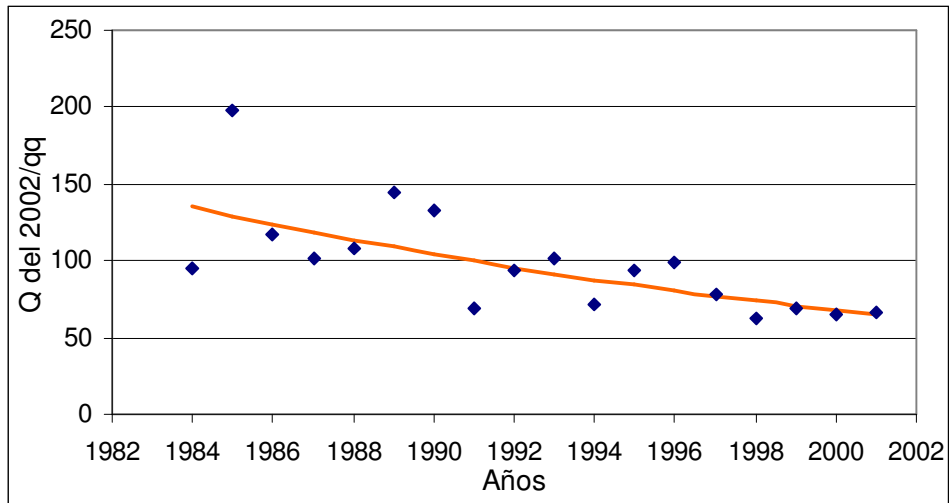


Figura 8. Precios reales de importación de papa, Guatemala, 1984- 2002



$LN(S) = 3.78628 - 0.10299 LN(t)$ [con origen en 1983 (t=0)]
 $R^2 = 0.91807$
 $Fc = 190.49252$ (significativo a un nivel menor al 0.01 de probabilidad)

Figura 9. Superficies cultivadas de trigo, Guatemala, 1984-2002



$LN(P) = 4.94787 - 0.04309 LN(t)$ [con origen en 1983 (t=0)]
 $R^2 = 0.54409$
 $Fc = 19.09464$ (significativa a un nivel menor al 0.01 de probabilidad)

Figura 10. Precios reales de importación de trigo, Guatemala, 1984-2001

*

Anexo III

Superficies censales de frijol de tierras altas y bajas y de maíz en diferentes regiones

Cuadro A-8. Superficies y proporciones regionales de frijol en sistema de monocultivo Guatemala, 1978

<i>Zona/Departamento</i>	<i>Superficie departamental (mz)</i>	<i>Superficie regional (mz)</i>	<i>Por ciento respecto la superficie nacional</i>
Altiplano		5219.24	9.07
Chimaltenango	1381.48		
Sacatepéquez	1134.88		
Sololá	296.68		
Huehuetenango (tierras altas)	1580.57		
Quiché (tierras altas)	825.62		
Oriente		18587.14	32.29
Zacapa	2712.18		
Chiquimula	6033.52		
Jalapa	4522.84		
Jutiapa	3436.03		
Santa Rosa	1882.57		
Huehuetenango (tierras bajas)	1580.57	2406.20	4.18
Quiché (tierras bajas)	825.62		
Petén	14759.57	14759.57	25.64
Resto del país	16596.71	16596.71	28.83
Total nacional		57568.86	100.00

NOTA: Para Huehuetenango y el Quiché se asumió que el 50% de la superficie de frijol se practica en tierras altas y el otro 50% en tierras bajas.

Fuente: DGE (1983)

Cuadro A-9. Superficies de maíz de la costa sur, oriente y altiplano
Guatemala, 1978

<i>Zona/Departamento</i>	<i>Maíz solo</i>		<i>Maíz asociado</i>		<i>Total mz</i>
	<i>mz</i>	<i>mz</i>	<i>mz</i>	<i>Mz</i>	
Escuintla		59564.46		2270.74	61835.20
Santa Rosa		23095.23		12847.14	35942.37
Quetzaltenango		10527.05		366.19	10893.24
Colomba	413.24		16.23		
El Palmar	230.88		9.41		
Coatepeque	6262.79		279.21		
Génova	2960.76		29.96		
Flores Costa Cuca	659.38		31.38		
Suchitepéquez		26488.55		887.88	27376.43
Retahuleu		32837.78		574.67	33412.45
San Marcos		17924.33		877.85	18802.18
Malacatán	5932.43		491.38		
Catarina	1993.49		145.99		
Ayutla	2647.83		45.23		
Ocós	5707.08		190.05		
Pajapita	1643.50		5.20		
<i>Costa Sur</i>		170437.40		17824.47	188261.87
<i>Oriente</i>		90358.61		77471.08	167829.69
Jalapa	27110.22		13683.18		
Jutiapa	15522.74		47520.50		
Zacapa	17207.95		179.78		
Chiquimula	16626.08		13549.53		
El Progreso	13891.62		2538.09		
<i>Altiplano Occidental</i>		39371.44		23044.60	62416.04
Quetzaltenango	6711.55		7003.10		
San Marcos	24489.08		10369.71		
Totonicapán	8170.81		5671.79		
<i>Altiplano Central</i>		39431.14		19074.54	58505.68
Chimaltenango	22246.88		13010.72		
Sacatepéquez	8938.23		1273.96		
Sololá	8246.03		4789.86		
<i>REPÚBLICA</i>		697122.87		229082.02	926204.89

Fuente: DGE (1983)

Cuadro A-10. Porcientos del área cultivada de maíz en diferentes regiones del país
Guatemala, 1978

<i>Región y sistema de cultivo</i>	<i>Porcentaje de la superficie nacional de maíz</i>
Oriente en Monocultivo	9.76
Oriente en Asociación	8.36
Altiplano Occidental (en monocultivo y en asociación)	6.74
Altiplano Central (en monocultivo y en asociación)	6.32
Costa Sur en monocultivo	20.33
Costa Sur + Oriente (en monocultivo)	30.08

Fuente: Cuadro A-9

*

Anexo IV
Series de tipos de cambio, PIB, deflatores implícitos del PIB,
superficies cultivadas y precios

Cuadro A-11. Tipos de cambios, PIB a precios constantes y corrientes, y deflatores implícitos. Guatemala, 1980-2001

Años	Tipo de cambio	Producto Interno Bruto (millones)		Deflactor base 1958	Deflactor base 2002
		Quetzales de 1958	Quetzales de cada año		
1980	1.00	3,106.90	7,879.40	2.53610	0.07579
1981	1.00	3,127.60	8,607.70	2.75217	0.08225
1982	1.00	3,016.60	8,717.30	2.88978	0.08636
1983	1.00	2,939.60	9,049.90	3.07862	0.09200
1984	1.00	2,953.50	9,470.30	3.20647	0.09582
1985	2.67	2,936.10	11,180.00	3.80777	0.11379
1986	2.60	2,940.20	15,838.10	5.38674	0.16098
1987	2.52	3,044.40	17,711.10	5.81760	0.17386
1988	2.70	3,162.90	20,544.90	6.49559	0.19412
1989	3.41	3,287.60	23,684.70	7.20425	0.21530
1990	4.95	3,389.60	34,316.90	10.12417	0.30256
1991	5.02	3,513.60	47,302.30	13.46263	0.40233
1992	5.24	3,683.60	53,985.40	14.65561	0.43798
1993	5.77	3,828.30	64,243.20	16.78113	0.50150
1994	5.63	3,982.70	74,669.20	18.74839	0.56029
1995	6.03	4,179.80	85,156.70	20.37339	0.60886
1996	5.99	4,303.40	95,478.60	22.18678	0.66305
1997	6.17	4,491.20	107,942.90	24.03431	0.71826
1998	6.84	4,715.50	124,022.50	26.30103	0.78600
1999	7.79	4,896.90	135,287.00	27.62707	0.82563
2000	7.72	5,073.60	149,639.90	29.49383	0.88142
2001	7.98	5,181.50	163,490.90	31.55281	0.94295
2002				33.46176 ^P	1.00000

^P Predicho con $DEF1958 = -9.64849614 + 1.87435915 t$ [con origen en 1979 (t=0)]
 $R^2 = 0.9730$
 $Fc = 720.0975$ (significativa a un nivel menor al 0.01 de probabilidad)

FUENTE: <http://www.banguat.gob.gt>

Cuadro A-12. Superficies y precios implícitos de importación de arroz, frijol, maíz, papa y trigo. Guatemala, 1984-2002

Año	Superficie de arroz Miles mz	Precio de arroz Q/qq	Superficie de frijol Miles mz	Precio de frijol Q/qq	Superficie de maíz Miles mz	Precio de maíz Q/qq	Superficie de papa Miles mz	Precio de papa Q/qq	Superficie de trigo Miles mz	Precio de trigo Q/qq
1984	22.9	16.79	238.0	62.00	987.6	8.81	16.6		31.6	9.08
1985	20.8	29.66	243.2	17.91	942.3	8.38	14.1		37.7	8.44
1986	20.5	24.50	247.7	32.62	967.7	7.12	14.3	19.50	32.4	7.24
1987	33.3	23.12	245.8	16.91	1091.8	10.17	14.9	5.17	35.7	6.97
1988	38.4	12.33	200.6	16.59	920.3	7.28	10.7	5.00	31.6	7.78
1989	21.6	15.14	138.7	29.80	857.7	10.85	10.8		22.9	9.15
1990	20.4	14.68	185.7	35.71	906.4	7.09	11.7		16.1	8.12
1991	23.6	32.16	205.9	34.65	955.3	7.46	10.8	13.50	16.2	5.53
1992	22.2	21.36	200.0	20.59	1036.6	7.23	12.9	4.70	17.4	7.85
1993	24.9	19.21	172.7	7.86	995.5	7.34	12.8	47.29	16.1	8.85
1994	18.5	17.76	192.7	48.00	868.6	6.85	12.9	38.91	17.7	7.11
1995	15.7	13.85	173.4	33.29	781.7	6.48	13.2	66.34	16.1	9.44
1996	16.9	13.00	175.4	43.81	823.1	9.28	13.2	107.20	12.0	11.02
1997	17.5	15.02	178.0	22.43	840.5	7.01	13.3	32.62	12.2	9.10
1998	19.0	15.84	178.0	29.75	841.0	6.23	13.5	23.01	10.6	7.25
1999	21.0	12.05	179.5		842.5	5.28	13.7	24.41	6.0	7.38
2000	22.9	8.07	182.0		845.0	5.12	14.0	20.62	6.5	7.41
2001	22.9	8.78	184.0		847.0	5.16	14.5	29.35	6.6	7.89
2002	22.9		187.0		859.7		15.0		6.7	

FUENTE: Banco de Guatemala (2002)