

ANÁLISIS ECONÓMICO DE EXPERIMENTOS AGRÍCOLAS CON PRESUPUESTOS PARCIALES: Re-enseñando el uso de este enfoque

Mamerto Reyes Hernández

Economista Agrícola, M.Sc., Profesor de la Sub-área de Administración y Comercialización. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos. Investigador ICTA, Guatemala.

RESUMEN

Se presenta la metodología de presupuestos parciales como método de análisis económico de experimentos agrícolas y se analizan algunas inconsistencias encontradas en la misma. Tales inconsistencias incluyen: la implementación del análisis cuando el ANAVA no presenta diferencias estadísticas entre tratamientos, y la ejecución del mismo sin considerar la naturaleza de los tratamientos. Otras inconsistencias adicionales, son la conducción de los análisis sin usar precios de campo, llegar a conclusiones sobre el tratamiento más rentable sin usar ninguna tasa mínima de retorno, generar una recomendación a partir de un solo experimento, analizar los datos sin corregir los rendimientos experimentales, y estimar los costos a partir de la información del experimento. En este escrito no se busca reinventar el enfoque de presupuestos parciales, en su lugar se busca reenseñar su uso. Para ello, inicialmente se hace una exposición de cuando se debe usar el enfoque, luego a manera de algoritmo, se enumeran los pasos que se deben seguir para hacer un análisis económico siguiendo este método. Se continúa con una discusión sobre la relación entre presupuestos parciales y optimización de funciones de producción. Finalmente, se presentan un caso de análisis.



ABSTRACT

Partial budgets methodology is presented as a means for economic analysis of agricultural experiments. Some found inconsistencies are explored. Such inconsistencies are the implementation of the analysis when the ANOVA test do not show significant differences among treatments, and the execution of such analysis without considering the nature of the treatments. Others additional inconsistencies are the implementation of the analysis without considering field prices, arriving to conclusions about the most appropriate treatment without considering a minimal return rate, to generate recommendations based on a single experiment, to carry out the analysis without correcting the experimental data, and to estimate cost based on information from the experiment. In this paper, it is not intended to reinvent the methodology, but to clarify a better way to apply it. To fulfill the objectives, an initial explanation is made to indicate when to use the partial budgets methodology. Subsequently, steps for running an economic analysis are pointed out using algorithm. Next, the relation between partial budgets and the optimization of the existing production functions is discussed. Finally, a case of study is presented.

Los pioneros en el uso de presupuestos parciales para el análisis de experimentos agrícolas fueron los miembros del programa de Economía Agrícola del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), quienes en 1976 publicaron el primer manual de esta metodología (Perrin *et al*, 1976). Doce años después, luego de ensayar nuevas maneras de exponer este enfoque y afinarle algunos aspectos, se publicó una nueva versión de este texto (CIMMYT, 1988).

Después de la publicación del primer manual, en los programas de capacitación para investigadores, tanto del CIMMYT como de otros centros internacionales de investigación agrícola, se enseñó este enfoque para el análisis de experimentos. A nivel centroamericano, el Centro de Agricultura Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) también ha promovido el uso de este método, a través de su programa de manejo integrado de plagas (Calvo y Simán, 1993).

Como resultado de estos esfuerzos, el uso de los presupuestos parciales en los institutos nacionales de investigación agrícola de la región, se hizo general. Sin embargo, en su manejo se han heredado vicios que es necesario disipar. Por ejemplo, es usual escuchar que todavía muchos investigadores digan en las presentaciones de resultados: "que si bien es cierto que estadísticamente no se encontraron diferencias entre las medias de tratamientos, estas diferencias si pueden serlo en términos económicos". Este argumento conduce a una selección equivocada del tratamiento más rentable, pues el hecho de expresar en valor estas diferencias aparentes entre medias no es más que una capitalización del error, pues sus valores esperados de rendimiento e ingresos brutos, son los mismos promedios. En este caso, el tratamiento más rentable no es el que tiene la media más alta, pues todas las medias en sentido estricto son las mismas, sino aquel que tenga los costos más bajos.

Por otro lado, existe una tendencia a usar el enfoque en todo tipo de experimentos, lo cual también lo debilita, pues como cualquier método no es universal. Por ejemplo, si se tiene un experimento factorial, cuyos factores son variables continuas, el uso de presupuestos parciales hace menos precisa la identificación de una recomendación, ya que es un método de análisis discreto. En este caso, lo correcto es desarrollar una superficie de respuesta y luego optimizarla. Otros vicios adicionales, son la conducción de los análisis sin usar precios de campo, llegar a conclusiones sobre el tratamiento más rentable sin usar ninguna tasa mínima de retorno, generar una recomendación a partir de un solo experimento, analizar los datos sin corregir los rendimientos experimentales, y estimar los costos a partir de la información del experimento.

En este trabajo no se busca reinventar el enfoque, en su lugar se busca un objetivo más modesto y es la reenseñanza de como utilizarlo. Para ello, inicialmente, se hace una exposición de cuando se debe usar el enfoque, luego a manera de algoritmo, se enumeran los pasos a seguir para hacer un análisis económico siguiendo este método, para continuar con una discusión sobre la relación entre presupuestos parciales y optimización de funciones de producción. Finalmente, se presentan un caso de análisis.

Las ideas básicas sobre el enfoque de presupuestos parciales expresadas en este documento provienen de las dos ediciones del manual del CIMMYT (Perrin *et al*, 1976 y CIMMYT, 1988) y de reflexiones hechas sobre este enfoque.

Qué son los presupuestos parciales y cuando se usan

Existen experimentos que no permiten desarrollar superficies de respuesta para identificar los niveles óptimos de los insumos, ya sea porque las variables que representan los factores no tienen expresión continua o porque sus tratamientos son cualitativamente diferentes. Si los tratamientos tienen medias de rendimientos que son significativamente diferentes, muestran diferencias de costos, y en general presentan una relación directa entre costos y beneficios, es decir, en la medida que aumentan los costos aumentan los beneficios, el enfoque a emplear puede ser el de presupuesto parcial.

Se llama presupuesto parcial, porque solamente se toman en consideración los costos asociados con la decisión de usar o no un tratamiento. Estos son costos que permiten diferenciar un tratamiento del otro, y se denominan "costos que varían", y se llaman así porque varían de un tratamiento a otro. El resto de costos no se ven afectados por la decisión de usar un tratamiento en particular, y permanecen constantes. Por esta razón se denominan costos fijos. Por ejemplo, si se trata de una evaluación de insecticidas, los costos que están directamente asociados con la decisión de usar o no un tratamiento son los costos del insecticida, la mano de obra para la aplicación del insumo, el agua si es un insumo que hay que llevar al campo, y el alquiler del equipo para aplicar el biocida, cuando el equipo es rentado. El resto de costos, como la preparación del terreno, la siembra, la fertilización, y el control de malezas, se consideran como costos fijos, pues no varían de un tratamiento a otro.

Este enfoque se puede utilizar en los siguientes casos: evaluación de herbicidas, fuentes de nutrientes, sistemas de cultivo (arreglos topológicos y densidades de siembra), tipos de materias orgánicas, tipos de silos o almacenamientos, tipos de labranzas, tipos de injertos, rompedores de dormancia, tipos de podas, programas de control de insectos, programas de control de enfermedades, programas fitosanitarios, programas de fertilización, etc.

Los presupuestos parciales se desarrollaron para formular recomendaciones a partir de datos agronómicos, por tanto, el proceso de aplicación de este enfoque debe generar una recomendación para los agricultores. Este aspecto particular de la metodología se debe tener presente, pues en el proceso de desarrollo / adaptación de tecnología para productores agrícolas, la formulación de recomendaciones se hace para un conjunto de productores, el cual aunque finito es numeroso. Esta situación hace surgir la pregunta de cuantos ensayos se deben conducir para desarrollar una recomendación, y la respuesta depende de la variabilidad que exista en las circunstancias de los agricultores. Si estas acusan mucha variabilidad, el requerimiento de ensayos es numeroso, y aunque no es posible dar una regla de oro, el número de sitios experimentales deberá ser suficiente para infundir confianza a los investigadores sobre la validez de los resultados para los agricultores objetivo de la recomendación.

Los economistas del CIMMYT recomiendan considerar por lo menos veinte sitios experimentales en ambientes relativamente homogéneos evaluados por un período de dos años (CIMMYT, 1988). Reconocen que es una regla elemental, pues el número de sitios para desarrollar una recomendación depende del tipo de tecnología y de la variabilidad de las circunstancias de los productores. Por ejemplo, para recomendaciones de fertilización, el número de sitios requerido es muy

elevado, pues se necesita muestrear la mayor proporción posible de las condiciones de suelos, prácticas de preparación del terreno, sistemas de cultivo que se observan en las unidades de producción, y rotaciones de cultivos. Para el caso del desarrollo de recomendaciones para el control de plagas, no solamente se requieren muchos sitios sino también varios años de experimentación. Una forma de reducir el requerimiento de ensayos es la conducción de las investigaciones usando el concepto de dominios de recomendación. Estos son áreas que contienen unidades de producción localizadas dentro de ambientes relativamente homogéneos y manejadas por agricultores con características socioeconómicas con poca variabilidad.

Pasos para la aplicación del enfoque. Como algoritmo para usar este enfoque en el análisis de experimentos se deben seguir los siguientes pasos:

Identificación de los rubros de costos relevantes. Aquí se identifican las fuentes de costos que varían. Si el experimento evalúa abonos orgánicos, los costos que varían son los que implican la producción de los abonos, si se producirán en la finca o si serán comprados en el mercado, mano de obra para su aplicación.

Si el experimento es sobre almacenamiento de papa, los costos relevantes son los costos de las estructuras de almacenamiento, mano de obra empleada en el almacenamiento e insumos usados para preservar la vida útil de las papas. Si el experimento se refiere a control de plagas, las fuentes de costos que varían son los plaguicidas, mano de obra para su aplicación, agua utilizada, y renta del equipo si éste fuese alquilado. Para cada experimento, el investigador debe hacer un ejercicio para identificar los costos relevantes antes de analizar económicamente el experimento.

Estimación de precios de campo de los insumos. El precio de campo de un insumo es aquel precio que alcanza puesto en el terreno donde se usará. Por tanto, es igual al precio del insumo en el mercado más los costos incurridos para llevarlo al campo. Incluye costos de transporte al terreno y almacenamiento, considera, además, si debe comprarse con suficiente antelación. El precio de campo para el j-ésimo insumo se puede plantear de la siguiente forma:

$$PCI_j = PMI_j + CUC \quad (1)$$

Donde:

PCI_j es el precio de campo del j-ésimo insumo
 PMI_j es el precio de mercado del j-ésimo insumo
 CUC_j son los costos unitarios de llevar el j-ésimo insumo al campo de cultivo

Estimación de los costos que varían. Se logra multiplicando los precios de campo de los insumos relevantes por sus niveles de uso en cada tratamiento y luego sumando un total. Para el i-ésimo tratamiento es:

$$CV_i = \sum_{j=1}^n PCI_{ij} NI \quad (2)$$

Donde:

CV_i Costo que varía del i-ésimo tratamiento
 PCI_{ij} Precio del j-ésimo insumo empleado en el i-ésimo tratamiento
 NI_{ij} Nivel de empleo del j-ésimo insumo en el i-ésimo tratamiento

Estimación de los precios de campo del producto. El precio del producto a nivel de campo es aquel a que el agricultor podría vender su producción antes de cosecharla. Esto se conoce como venta de la producción en pie. Para estimar los precios de campo del producto es necesario sustraer del precio de mercado, todos los costos unitarios de cosecha y comercialización. El precio de campo del producto se obtiene de la manera siguiente:

$$PCQ = PMQ - CUCYC \quad (3)$$

Donde:

PCQ Precio de campo del producto
 PMQ Precio de mercado del producto
 $CUCYC$ Costos unitarios de cosecha y comercialización

Este mecanismo facilita el análisis posterior, pues de no realizarse de esta forma, en la estimación de los costos que varían deberían adicionarse los costos de cosecha y comercialización.

Estimación de rendimientos ajustados: Los rendimientos experimentales tienen cuatro fuentes que los hacen mucho más altos que los obtenidos por los agricultores (CIMMYT, 1988). Primero, el manejo del experimento lo hace un técnico, lo cual le provee mayores elementos científicos para obtener niveles más altos de rendimiento. Segundo, las parcelas netas de los experimentos usualmente son pequeñas, lo cual pueden sobreestimarlos, no sólo por las mayores facilidades de manejo que ofrecen parcelas pequeñas, sino por la mayor uniformidad observada en el suelo en áreas chicas. Esto se hace más evidente cuando se refieren los datos de kilos por unos cuantos metros cuadrados a kilos por hectárea. Tercero, mayor exactitud en la fecha de cosecha; y cuarto, mayor eficiencia en la cosecha de áreas chicas. Por estas razones, para experimentos de maíz y trigo, el CIMMYT (1988) recomienda reducir los rendimientos experimentales en un porcentaje que va del 5 al 30%, para poder acercarse a los obtenibles por los agricultores. Siguiendo esta recomendación, los rendimientos ajustados son:

$$\text{Rend Ajustado}_i = \frac{\text{Rendimiento Experimental}^*}{(1 - \text{tasa de ajuste})} \quad (4)$$

En este paso se debe representar con la misma media a aquellos tratamientos que no registren diferencias significativas entre sus medias de rendimiento. La ausencia de significancia autoriza emplear el mismo promedio en estos tratamientos, pues la no significancia de las diferencias entre las medias de estos tratamientos indica que son nulas (cero), en otras palabras, indica que estos tratamientos tienen el mismo promedio. Estos rendimientos pueden denominarse "rendimientos experimentales corregidos".

Estimación de los beneficios brutos de campo. Como ben-

eficio bruto de campo se conoce el valor bruto de producción, el cual se calcula multiplicando el precio de campo del producto por el rendimiento ajustado. Esto es:

$$BB_i = PCQ * Rend Ajustado_i \quad (5)$$

Donde:

BB_i Beneficio bruto de campo del i -ésimo tratamiento
Las otras dos fueron definidas en las fórmulas anteriores

Estimación de los beneficios netos de campo. Estos se obtienen de sustraer de los beneficios brutos de campo, los costos que varían. Esto es:

$$BN_i = BB_i - CV_i \quad (6)$$

Donde:

BN_i beneficio neto de campo del i -ésimo tratamiento
Las otras dos fueron definidas en las fórmulas anteriores

Realización del análisis de dominancia. Este análisis es una simplificación del análisis de dominancia estocástica, y se utiliza para seleccionar tratamientos que en términos de ganancias ofrecen la posibilidad de ser escogidos para recomendarse a los agricultores. Un tratamiento es dominado cuando como resultado de un incremento en los costos, su empleo no conduce a un incremento en los beneficios netos.

Es dominado porque al menos existe un tratamiento de menor o igual costo que genera mayores beneficios. Para realizar este análisis, se deben organizar los tratamientos de acuerdo con un orden creciente de los costos que varían, y luego comparar si al aumentar los costos ocurre un incremento en los beneficios netos, si esto ocurre, el tratamiento es no dominado, si ocurre lo contrario es dominado y no debe tomarse en cuenta en los análisis posteriores.

Este análisis también se puede realizar con la curva de beneficios netos, esta se construye en dos dimensiones, en donde la abscisa representa a los costos que varían y la ordenada a los beneficios netos.

La curva de beneficios netos es la curva envolvente que se forman con los pares ordenados que muestran los mayores niveles de beneficios netos. Es una curva de frontera que se forma con los tratamientos más rentables. Todos los pares ordenados que estén por debajo de esta curva envolvente son tratamientos dominados.

Cálculo de la tasa de retorno marginal (TRM). Con los tratamientos no dominados, siempre organizados de menor a mayor de acuerdo con sus costos que varían, se obtienen los incrementos de costos y beneficios netos que resultan al cambiar de tratamiento. Luego, al dividir, el incremento de beneficios por su respectivo incremento de costos, se obtiene la tasa de retorno marginal.

$$\text{La fórmula de la TRM es: } TRM = \frac{\Delta BN}{\Delta CV} * 100 \quad (7)$$

La TRM indica el porcentaje de retorno en términos de

ganancias que se obtienen por cada unidad monetaria en que se incrementen los costos como resultado de cambiar de un tratamiento al otro.

Algunos usuarios del enfoque dudan que la TRM esté medida en términos de ganancias totales, por lo que se hace necesario probar que aunque el análisis de costos es parcial, el análisis del cambio de ganancias y costos, es desde la perspectiva de valores totales. Esta prueba se presenta en el Anexo 1.

Hasta este momento, todavía no se sabe cuál es el tratamiento más rentable, solamente se tienen las tasas de retorno marginal.

Cálculo de la tasa mínima de retorno (TAMIR). Es la tasa que representa al costo del capital de trabajo que se usa para financiar el tipo de práctica que se evalúa en el experimento. Esta tasa resulta del retorno mínimo que se obtendría en otro cultivo alternativo y del costo del capital en el mercado financiero donde opera el agricultor. Según Perrin *et al* (1976), el retorno mínimo aceptable obtenible en otro cultivo alternativo es del 40%.

Por otro lado, una buena referencia del costo del capital en el mercado financiero informal se puede obtener en los expendios de agroquímicos de la comunidad del productor, del recargo en el precio de los insumos que se debe pagar cuando se obtienen a crédito y pagaderos al final de la cosecha. Este recargo usualmente es mayor que las tasas activas del mercado financiero formal, y ello resulta de la incorporación de una prima por riesgo y del poder monopólico de estos proveedores informales de crédito. La suma de estas dos tasas, produce la TAMIR, o sea el retorno mínimo que se puede esperar de un desembolso productivo hecho por el agricultor. Solamente si la práctica genera un retorno mayor o igual que la TAMIR, vale la pena emplearla. En estos términos, la TAMIR es un indicador del costo unitario de los costos que varían.

Determinación del tratamiento más rentable. Esta actividad se realiza comparando la TMR con la TAMIR. En la serie de tratamientos no dominados, el más rentable es el último para el cual se cumple el siguiente criterio:

$$TMR \geq TAMIR \quad (8)$$

Análisis de residuos. Es el remanente que queda del beneficio neto después de sustraer el costo de oportunidad del capital de trabajo empleado para financiar las prácticas evaluadas en el experimento. Los residuos son un análisis que se hace para corroborar los hallazgos realizados con la TRM y la TAMIR. Como regla general, el tratamiento más rentable identificado con la TRM y la TAMIR, acusa los mayores residuos.

La fórmula de los residuos es,

$$RES_i = BN_i - [(TAMIR/100) * CV_i] \quad (9)$$

Donde:

RES_i es el residuo del i -ésimo tratamiento
Las otras variables ya fueron descritas anteriormente

Optimización de funciones de producción y análisis con presupuestos parciales. Es un enfoque de análisis continuo que permite de manera puntual, determinar los niveles de

insumos que maximizan ganancias. Estos niveles son la recomendación para los agricultores. Los presupuestos parciales, son un enfoque discreto y en una lista finita de posibilidades tecnológicas que representan los tratamientos del experimento, permiten identificar la más rentable. Este tratamiento constituye la recomendación. Cada enfoque tiene su especificidad para aplicarse y parecerían ser totalmente diferentes, sin embargo, ambos comparten la misma base de teoría económica.

La optimización de funciones de producción se hace de la manera siguiente:

Sean
 $Y = f(x)$ una función de producción
 P_y el precio del producto
 P_x el precio del insumo
 El problema: ¿cuál es el nivel de X que maximiza ganancias?

Para responder esta pregunta, es necesario establecer la función objetivo a optimizar, esta es,

$$(max) G = P_y Y - P_x X - \text{Costos fijos} \quad (10)$$

Donde:
 G son las ganancias
 Costos fijos costos que no varían durante el ciclo de producción
 Y, P_y, X & P_x , ya fueron definidos en el párrafo anterior.

Para encontrar el nivel de X que permite obtener ganancias máximas, se toma la primera derivada de la función objetivo y se iguala a cero, esto es

$$dG / dX = P_y (dY / dX) - P_x = 0$$

Despejando respecto a P_x , se tiene:
 $P_y (dY / dX) = P_x \quad (11)$

Lo anterior es la condición de optimalidad y en ella se plantea que el nivel de X que maximiza ganancias se encuentra en el punto donde el valor del producto marginal es igual al precio del insumo, o sea el nivel óptimo se encuentra en aquel

nivel de ocupación del insumo donde la contribución monetaria derivada del uso de una unidad adicional es igual a su costo en el mercado.

En el caso de los presupuestos parciales, se busca identificar cual es el tratamiento más rentable. Para abordar este problema con la perspectiva de la función de producción, se tropieza con la dificultad de no percibir directamente cual es la función de producción que definen los tratamientos. Para resolver este problema, nosotros planteamos que los beneficios netos son una función de los costos que varían, esto es

$$BN = f(CV) \quad (12)$$

Y el objetivo a maximizar son los residuos, esto es

$$(max) RES = BN - TAMIR * CV \quad (13)$$

En donde:
 RES, BN, CV , y $TAMIR$ ya fueron definidas en (9)

entonces, aplicando a (13) la condición de primer orden para obtener un máximo, es decir, tomando la primera derivada de (13) e igualando a cero, se tiene

$$(dRES / dCV) = (dBN / dCV) - TAMIR = 0$$

Despejando respecto a $TAMIR$, se tiene

$$(dBN / dCV) = TAMIR \quad (14)$$

que indica que el óptimo se encuentra en aquel nivel de CV donde el incremento marginal en el beneficio que genera una unidad adicional de CV es igual al costo unitario de este factor. Esta es la misma condición de optimalidad (11).

Usando notación discreta, (14) se puede expresar,
 $(\Delta BN / CV) \geq TAMIR \quad (15)$

porque el tratamiento más rentable no se encuentra en una senda continua, sino en una discreta y por tanto, el más rentable es el último para el cual se cumple esta condición. Como puede apreciarse, la ecuación (15) es el mismo criterio de optimalidad planteado en la ecuación (8).

Tabla 1. Tratamientos utilizados en experimento de control de malezas en el cultivo de brócoli (García, 1996). Valle de Patzicía, Chimaltenango, Guatemala

T1.	Sin limpias
T2.	Una limpia a los 15 días después del trasplante (ddt) (15-0-0-0)
T3.	Una limpia a los 15 ddt y una segunda a los 30 ddt (15-30-0-0)
T4.	Una limpia a los 15 ddt, una segunda a los 30 ddt y una tercera a los 45 ddt (15-30-45-0)
T5.	Una limpia a los 15 ddt, una segunda a los 30 ddt, una tercera a los 45 ddt y una cuarta a los 60 ddt (15-30-45-60)
T6.	Una limpia a los 15 ddt, una segunda a los 30 ddt, una tercera a los 45 ddt, una cuarta a los 60 ddt, y una quinta a los 80 ddt (15-30-45-60-80)
T7.	Una limpia a los 30 ddt, una segunda a los 45 ddt, una tercera a los 60 ddt, y una cuarta a los 80 ddt (0-30-45-60-80)
T8.	Una limpia a los 45 ddt, una segunda a los 60 ddt, y una tercera a los 80 ddt (0-0-45-60-80)
T9.	Una limpia a los 60 ddt, y una segunda a los 80 ddt (0-0-0-60-80)
T10.	Una limpia a los 80 ddt (0-0-0-0-80)

Como se observa en esta exposición ambos enfoques comparte la misma base teórica, y particularmente es necesario resaltar que en ninguno de los dos enfoques comparados, los costos fijos son relevantes para identificar el nivel de insumo o el tratamiento que maximiza ganancias.

En el enfoque de la función de producción, los costos fijos son importantes nada más para determinar el monto de la ganancia máxima. Los niveles de insumo y de producción se determinan independientemente de los costos fijos. Lo mismo ocurre con los presupuestos parciales, aunque en este caso, los niveles de producción ya son un dato con el que se trabaja.

Caso de Análisis

Con el propósito de desarrollar una recomendación para el control de malezas en el cultivo de brócoli en el Valle de Patzicía, Chimaltenango, Guatemala, y sabiendo que el Altiplano Central de Guatemala es una zona con abundante mano de obra, se condujo un experimento que consideró los siguientes programas de limpieas manuales (García, 1996). En la Tabla 1, se presentan los tratamientos evaluados en el experimento.

El experimento se condujo con un diseño de bloques al azar. En el análisis de varianza se determinó que al menos una de las medias de las tratamientos es diferente del resto, y la prueba de Tukey para comparación múltiple de medias identificó tres grandes grupos que se presentan en la Tabla 1.

Aplicación del enfoque de presupuestos parciales

Identificación de los costos relevantes. Las limpieas son manuales, entonces, el único rubro de costos que varían es la mano de obra empleada en estas labores.

Estimación del precio de campo de la mano de obra. No se

Tabla 2. Rendimiento (tm ha⁻¹) de tratamientos de control manual de malezas en el cultivo de brócoli (García González, 1996). Valle de Patzicía, Chimaltenango, Guatemala

Tratamiento	Media (tm ha ⁻¹)
T6. (15-30-45-60-80)	16.7 a
T3. (15-30-0-0-0)	16.0 a
T5. (15-30-45-60-0)	16.5 a
T4. (15-30-45-0-0)	15.9 ab
T2. (15-0-0-0-0)	15.5 b
T8. (0-0-45-60-80)	15.3 b
T7. (0-30-45-60-80)	15.0 b
T9. (0-0-0-60-80)	8.2 c
T10. (0-0-0-0-80)	7.8 c
T1. Sin limpieas	7.5 c

Fuente: (García, 1996))

Datos seguidos de la misma letra no difieren según Tukey al 5 %

incurrir en ningún costo para llevar la mano de obra al terreno, por tanto, su precio de campo es el costo por jornal. Este es de Q30 por día de trabajo.

Estimación de los costos que varían. En este caso tan simple, solamente existe un costo relevante asociado a los tratamientos, este es el de la mano de obra ocupada en las limpieas (Tabla 3). Para obtener los costos que varían solamente se multiplica el salario diario (Q30) por los jornales usados en las limpieas.

Estimación del precio de campo del producto. Se produce brócoli en fresco y su precio de mercado es de Q1.50 / kg.

Tabla 3. Estimación de costos variables de tratamientos de control de malezas en el cultivo de brócoli (García, 1996). Valle de Patzicía, Chimaltenango, Guatemala

Tratamiento varían	Número de limpieas	Jornales /ha (a)	Costo por jornal (b)	Total costos que (a * b)
T1. Sin limpieas	0	0	30	0
T2. (15-0-0-0-0)	1	10	30	300
T3. (15-30-0-0-0)	2	21	30	630
T4. (15-30-45-0-0)	3	32	30	960
T5. (15-30-45-60-0)	4	43	30	1290
T6. (15-30-45-60-80)	5	54	30	1620
T7. (0-30-45-60-80)	4	44	30	1320
T8. (0-0-45-60-80)	3	33	30	990
T9. (0-0-0-60-80)	2	22	30	660
T10. (0-0-0-0-80)	1	11	30	330

Nota: Se determinó con agricultores, que en la limpia realizada a los 15 ddt se emplean 10 jornales / ha y 11 jornales / ha en cada una de las restantes.

Entrevistando productores del valle de Patzicía se determinó que en la cosecha se emplean 76 jornales / ha y en la comercialización se utilizan 3 jornales / ha. Por otro lado, se determinó que se producen 12180 kg / ha de brócoli de primera. Entonces, usando la fórmula (3) se tiene que los costos unitarios de cosecha y comercialización son,

$$CUCYC = [(76+3)*30/12180] = 0.19$$

Por tanto, el precio de campo del brócoli es,

$$PCB = 1.5 - 0.19 = Q1.31/kg \text{ ó } Q1310/tm$$

rendimiento más alto con una media corregida de 16.6 tm/ha, en seguida, T4 se ubica en la intersección de las distribuciones de rendimiento de los grupos A y B, y se consideró como un segundo grupo con 15.9 tm/ha. Luego se encuentran los tratamientos T2, T8 y T7, con una media corregida de 15.27 tm/ha, y finalmente, los tratamientos T9, T10 y T1, con una media corregida de 7.83 tm/ha.

Con los rendimientos experimentales corregidos se obtuvieron los rendimientos ajustados, lo cual se logró usando una tasa de ajuste del 15 % (Tabla 4).

Tabla 4. Rendimientos experimentales corregidos de tratamientos de control de malezas en el cultivo de brócoli (García, 1996). Valle de Patzicía, Chimaltenango, Guatemala

Tratamiento	Rendimiento experimental Corregido	Rendimiento ajustado (tasa de ajuste del 15%)
T1. Sin limpias	7.83	7.83*(1-0.15) = 6.66
T2. (15-0-0-0-0)	15.27	15.27*(1-0.15) = 12.98
T3. (15-30-0-0-0)	16.60	16.6*(1-0.15) = 14.11
T4. (15-30-45-0-0)	15.90	15.9*(1-0.15) = 13.52
T5. (15-30-45-60-0)	16.60	16.6*(1-0.15) = 14.11
T6. (15-30-45-60-80)	16.60	16.6*(1-0.15) = 14.11
T7. (0-30-45-60-80)	15.27	15.27*(1-0.15) = 12.98
T8. (0-0-45-60-80)	15.27	15.27*(1-0.15) = 12.98
T9. (0-0-0-60-80)	7.83	7.83*(1-0.15) = 6.66
T10. (0-0-0-0-80)	7.83	7.83*(1-0.15) = 6.66

Obtención de los beneficios brutos y beneficios netos. Multiplicando el rendimiento ajustado por el precio de campo del producto (Q1310/tm), se obtuvo el beneficio bruto, y luego sustrayendo de éste último los costos que varían se obtuvo el beneficio neto (Tabla 5).

Realización del análisis de dominancia. Como se indicó en el algoritmo, para realizar este análisis se deben organizar los datos de costos que varía y beneficios netos de acuerdo con un orden creciente de los costos que varían, es decir, de menor a mayor. Luego determinar si los tratamientos son dominados o no (Tabla 6).

Para determinar la dominancia, por definición, el primer tratamiento es no dominado. Luego se observa que si al pasar de T1 a T2 aumentan los beneficios, en este caso si aumentaron, entonces, T2 es no dominado. El siguiente paso es observar si al pasar de T2 a T10 aumentan los beneficios, en este caso no aumentan, entonces T10 es dominado. Como T10 fue dominado, se sigue empleando T2 como referencia del cambio. Siguiendo con el procedimiento, se observa que si al pasar de T2 a T3 aumentan los beneficios, caso que si ocurre,

Estimación de los rendimientos ajustados. Antes de ajustar los rendimientos experimentales, se obtuvieron los rendimientos experimentales corregidos, los cuales resultan de promediar los rendimientos de los grupos de medias determinados con la prueba de comparación de medias. De acuerdo con la prueba de Tukey hecha por García González (1996), existen cuatro grupos de medias. Los tratamientos T6, T5 y T3 definen el grupo con el

tratamiento es no dominado. Luego se observa que si al pasar de T1 a T2 aumentan los beneficios, en este caso si aumentaron, entonces, T2 es no dominado. El siguiente paso es observar si al pasar de T2 a T10 aumentan los beneficios, en este caso no aumentan, entonces T10 es dominado. Como T10 fue dominado, se sigue empleando T2 como referencia del cambio. Siguiendo con el procedimiento, se observa que si al pasar de T2 a T3 aumentan los beneficios, caso que si ocurre,

Tabla 5. Rendimientos ajustados, beneficio bruto, costos que varían y beneficio neto de tratamientos de control de malezas en el cultivo de brócoli (García, 1996). Valle de Patzicía, Chimaltenango, Guatemala

Tratamiento	Rend ajustado	Beneficio Bruto (c)	Costos que varían (d)	Beneficio neto (c - d)
T1. Sin limpias	6.66	8725	0	8725
T2. (15-0-0-0-0)	12.98	17004	300	16704
T3. (15-30-0-0-0)	14.11	18484	630	17854
T4. (15-30-45-0-0)	13.52	17711	960	16751
T5. (15-30-45-60-0)	14.11	18484	1290	17194
T6. (15-30-45-60-80)	14.11	18484	1620	16864
T7. (0-30-45-60-80)	12.98	17004	1320	15684
T8. (0-0-45-60-80)	12.98	17004	990	16014
T9. (0-0-0-60-80)	6.66	8725	660	8065
T10. (0-0-0-0-80)	6.66	8725	330	8395

Tabla 6. Análisis de dominancia de tratamientos de control de malezas en el cultivo de brócoli (García, 1996). Valle de Patzicía, Chimaltenango, Guatemala

Tratamiento	CV	BN	Observación de cambio de tratamiento	Conclusión de la observación
T1. Sin limpias	0	8725		No Dominado
T2. (15-0-0-0-0)	300	16704	De T1 a T2	No Dominado
T10. (0-0-0-0-80)	330	8395	De T2 a T10	Dominado
T3. (15-30-0-0-0)	630	17854	De T2 a T3	No Dominado
T9. (0-0-0-60-80)	660	8065	De T3 a T9	Dominado
T4. (15-30-45-0-0)	960	16751	De T3 a T4	Dominado
T8. (0-0-45-60-80)	990	16014	De T3 a T8	Dominado
T5. (15-30-45-60-0)	1290	17194	De T3 a T5	Dominado
T7. (0-30-45-60-80)	1320	15684	De T3 a T7	Dominado
T6. (15-30-45-60-80)	1620	16864	De T3 a T6	Dominado

por tanto T3 es no dominado. Enseguida se observa que si al pasar de T3 a T9, aumentan los beneficios, como esto no ocurre, T9 es dominado. Como T9 fue dominado, se sigue empleando T3 como referencia y se observa si al pasar de T3 a T4 aumentan los beneficios, como tampoco esto ocurre, T4 es dominado. Esto se repite para el resto de tratamientos y

rentable y constituye la recomendación para los agricultores.

Análisis de residuos. Sustrayendo de los beneficios netos el costo de oportunidad de los costos variables, se tiene los residuos. Con lo cual se corrobora que el tratamiento T3 es el más rentable (Tabla 8).

El tratamiento más rentable es T3. Este es un programa que

Tabla 7. Calculo de la Tasa de retorno marginal (TRM) de tratamientos de control de malezas en el cultivo de brócoli (García, 1996). Valle de Patzicía, Chimaltenango, Guatemala

Tratamiento	BN	CV	Δ BN (e)	Δ CV (f)	TRM (%) [(e/f)100]
T1. Sin limpias	8725	0			
T2. (15-0-0-0-0)	16704	300	7979	300	2660
T3. (15-30-0-0-0)	17854	630	1150	330	348

como ninguno de los cambios generados desde T3 aumenta los beneficios, los tratamientos T8, T5, T7, y T6, son dominados.

considera la realización de dos limpias manuales, una a los 15 días después del trasplante y la segunda a los 30 días después del trasplante.

Cálculo de la tasa de retorno marginal (TRM). Con los tratamientos no dominados se calculan los incrementos en los costos que varían y beneficios netos derivados del cambio de un tratamiento de costo variable menor a uno de costo mayor. Luego se calcula la TRM (Tabla 7).

CONSIDERACIONES FINALES

En líneas gruesas se ha intentado presentar a los presupuestos parciales como método de análisis económico de experimentos agrícolas. Sin embargo, como resultado del enfoque seguido, algunas cosas se quedaron en el tintero. Una de ellas y quizás de las más importantes es la necesidad de abocarse a los productores para obtener la información necesaria para el análisis económico de los experimentos. Debe quedar claro que nunca debe inferirse el costo de un tratamiento usando el experimento como referencia, ya que el uso de áreas tan pequeñas como unidades experimentales, usualmente subvalúa los costos. En el análisis de presupuestos parciales se busca usar la perspectiva de los agricultores para conducir la evaluación, y la mejor forma de no perder esta perspectiva es usando información proveniente de los usuarios potenciales de las recomendaciones emanadas del análisis de los experi-

Calculo de la tasa mínima de retorno (TAMIR). Las tasas de interés en el mercado financiero informal en el Altiplano Central de Guatemala andan más o menos en 60 % por temporada de cultivo, lo cual al sumarse con el 40 % de retorno mínimo exigido a la agricultura, da una TAMIR de 100 %.

Selección del tratamiento más rentable. Usando el criterio de optimalidad, "el tratamiento más rentable es el último para el cual se cumple la condición, TMR TAMIR", se observa que ésta se cumple para T3, por tanto, este tratamiento es el más

Tabla 8. Análisis de residuos de tratamientos de control de malezas en el cultivo de brócoli (García, 1996). Valle de Patzicía, Chimaltenango, Guatemala

Tratamiento	CV	BN	Costo de oportunidad de los CV *	Residuo
T1. Sin limpias	0	8725	0	8725
T2. (15-0-0-0-0)	300	16704	300	16404
T3. (15-30-0-0-0)	630	17854	630	17224

* $COCV_i = CV_i (TAMIR/100)$

mentos, es decir, de los productores.

Sobre análisis adicionales, cabe indicar que después de identificar el tratamiento más rentable, es deseable evaluar la sensibilidad de los resultados a cambios en precios de productos e insumos y de los rendimientos. Esta parte corresponde al análisis económico del riesgo, tanto derivado del mercado como de la naturaleza. Estos tópicos no fueron tratados en este trabajo y se pueden encontrar muy bien desarrollados en el segundo manual de CIMMYT (1988).

AGRADECIMIENTOS

Los revisores fueron el ingeniero Marino Barrientos de la Facultad de Agronomía y el licenciado Víctor Rosales de la Oficina de Presupuesto, ambos de la Universidad de San Carlos, el primero es biometrista y el segundo economista.

En ambos casos, el documento se enriqueció con sus ideas y comentarios, por lo que les estoy muy agradecido. Todo error que aún sobreviva en este trabajo es responsabilidad del autor.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CALVO, G. y J. J. SIMAN (1993) Uso de Presupuestos Parciales de Beneficio Neto en la Evaluación Financiera de Tecnologías de Manejo Integrado de Plagas. Versión preliminar. Costa Rica, Centro de Agricultura Tropical de Investigación y Enseñanza, Área de Fitoprotección.
- CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO (CIMMYT) (1988) La Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición Completamente Revisada. México, CIMMYT.
- GARCIA, G. A. (1996) Determinación del período crítico de competencia entre el cultivo de brócoli (*Brasica Oleracea* L. Var. *Italica* Plenck) y malezas en el Valle de Patzicía, Chimaltenango. Tesis de ingeniero agrónomo. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía.
- PERRIN, R. K., D. L. WINKELMAN, E. R. MOSCARDI, J. R. ANDERSON (1976) Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Folleto de Información No. 27. México, CIMMYT.