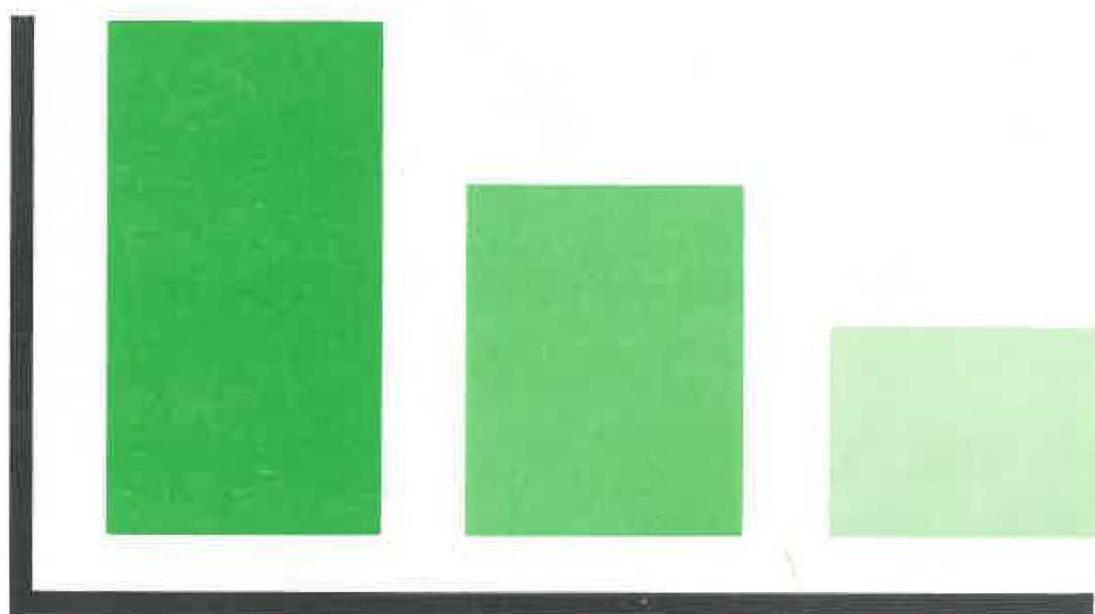


**GUIA PARA LA EVALUACION DE RESULTADOS
DE VALIDACION/TRANSFERENCIA
EN EL DESARROLLO DE TECNOLOGIAS
AGRICOLAS PARA AREAS ESPECIFICAS**



**GUIA PARA LA EVALUACION DE RESULTADOS
DE VALIDACION/TRANSFERENCIA
EN EL DESARROLLO DE TECNOLOGIAS
AGRICOLAS PARA AREAS ESPECIFICAS**

Luis A. Navarro

La preparación y publicación de este documento ha sido financiada por el Proyecto AID/ROCAP. SMALL FARM PRODUCTION SYSTEMS, bajo el Contrato 596-0083. Proyecto SIPRO-CATIE-ROCAP.

CENTRO AGRONOMOICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
Departamento de Producción Vegetal
Turrialba, Costa Rica
1986

El CATIE es una asociación civil sin fines de lucro, autónoma, con carácter científico y educacional, que realiza, promueve y estimula la investigación, capacitación y cooperación técnica en la producción agrícola, animal y forestal, con el propósito de brindar alternativas a las necesidades del trópico americano, particularmente en los países del Istmo Centroamericano y de las Antillas. Fue creado en 1973 por el Gobierno de Costa Rica y el IICA. Acompañando a Costa Rica como socio fundador, han ingresado Panamá en 1975, Nicaragua en 1978, Honduras y Guatemala en 1979 y República Dominicana en 1983.

El Proyecto de investigación y desarrollo de tecnología en sistemas de producción para fincas pequeñas (SIPRO-CATIE-ROCAP) es resultado de un convenio de cooperación técnica entre el CATIE, la Oficina de Programas Centroamericanos (ROCAP) de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (AID) y las instituciones nacionales de investigación agropecuaria de los países centroamericanos. El Proyecto, cuya ejecución comenzó en 1979, tiene como objetivo principal desarrollar una metodología de investigación aplicada y para la demostración y aplicación de resultados sobre metodologías de producción validadas a nivel de campo, que contribuyan a mejorar los sistemas de producción de los pequeños y medianos productores del sector rural centroamericano.

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, 1986.

ISBN 9977-951-97-7

303.483

N322 Navarro, Luis A.

Guía para la evaluación de resultados de validación/transferencia en el desarrollo de tecnologías agrícolas para áreas específicas / Luis A. Navarro. -- Turrialba, C.R. : Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Depto. de Producción Vegetal, 1986.

103 p. ; 24 cm. -- (Serie técnica. Informe técnico / CATIE ; nº 89)

ISBN 9977-951-97-7

1. Agricultura - tecnología 2. transferencia de tecnología I. CATIE. Depto. de Producción Vegetal II. Título III. Serie

CONTENIDO

	Página Nº
PROLOGO	v
GUIA PARA LA EVALUACION DE RESULTADOS DE PARCELAS DE VALIDACION/TRANSFERENCIA EN EL DESARROLLO DE TECNOLOGIAS AGRICOLAS PARA AREAS ESPECIFICAS	3
INTRODUCCION	3
SECUENCIA PARA LA EVALUACION DE RESULTADOS	4
PASO 1 EVALUACION DE RESULTADOS BIOLÓGICOS	9
Factibilidad técnica	11
Bondad técnico-biológica	12
Evaluación del rendimiento en cultivos en forma individual y combinada, en caso de policultivos	16
Estabilidad técnico-biológica.....	18
Variabilidad en general	19
Coeficiente de variación	21
Intervalos de confianza	21
Variabilidad a través del área	23
Variabilidad a través de sub-áreas homogéneas	23
Variabilidad a través de las fincas	32
Comportamiento a través de las fincas	32
PASO 2 EVALUACION DE LOS REQUISITOS EN MATERIA DE RECURSOS Y CAPACIDAD DE MANEJO.....	35
Análisis y evaluación cronológica	38
PASO 3 EVALUACIONES Y COMPARACIONES DE COSTOS E INGRESOS	47
Retornos económicos y compensación de recursos	49
Margen Bruto y Beneficio Neto	54
PASO 4 EVALUACION DE RIESGO	57
Riesgo e incertidumbre	59
Medida y comparación del riesgo en la innovación y su comparador	60
Otras formas de considerar el riesgo implícito en la innovación	70
PASO 5 EVALUACION DE LA EFICIENCIA Y RETORNO EN EL USO DE LOS RECURSOS	73

Relaciones entre beneficios y costos	75
Retorno a los factores o componentes del costo de producción	77
APENDICE	81
ANEXO	93
CALCULO ALTERNATIVO DE LA PERDIDA (O GANANCIA) ESPERADA DE UN SISTEMA Y SU PROBABILIDAD	95
Datos necesarios y cálculos previos	97
Estimaciones con información incompleta	98
Cálculos previos	99
BIBLIOGRAFIA	101

INDICE DE CUADROS

Cuadro N ^o		Página N ^o
1	Datos de rendimientos hipotéticos para dos tecnologías (A) a través de tres sub-áreas homogéneas (SA)	24
2	Cálculos preliminares para el análisis de varianza (ANDEVA) jerárquico	25
3	ANDEVA jerárquico	26
4	ANDEVA jerárquico; Ejemplo	27
5	Dominancia y diferencias entre promedios de las tecnologías y respecto al área en general, por sub-área homogénea	30
6	Dominancia y diferencia de cada tecnología por finca respecto a sus promedios generales	33
7	Actividades y flujo de mano de obra y dinero de operación para una hectárea con el sistema de cultivo maíz/sorgo y una alternativa tecnológica en Tejutla, El Salvador	39
8	Beneficios según Cuadro 7 e información adicional	50
9	Presupuesto de costos en CA\$ ha ⁻¹	55
10	Resumen de costos y beneficios en CA\$ ha ⁻¹ según Cuadros 8 y 9	55
11	Observaciones de resultados económicos en la innovación y en el comparador, clasificados como pérdidas y no pérdidas (ejemplo hipotético)	64
12	Costo total, ingreso bruto, ingreso neto, costo efectivo, CE/1000 IN, N ^o de jornales/1000 IN de diferentes combinaciones entre maíz y yuca bajo dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica	85

13	Rendimiento relativo total (RRT) de seis sistemas de cultivo con yuca y maíz en dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica, 1979	87
----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

INDICE DE FIGURAS

Figura Nº

1	Intervalos de confianza para el rendimiento..	22
2	Perfil de uso de mano de obra durante el ciclo del sistema maíz/sorgo y una mejora tecnológica en Tejutla, El Salvador. 1978 ...	42
3	Curva de costo	52
4	Rendimiento relativo total (RRT) de seis combinaciones de yuca y maíz bajo dos niveles de fertilización: (a) = alto y (b) = bajo. Las líneas sólidas son los rendimientos de los componentes y la línea interrumpida es el rendimiento relativo total del sistema	86
5	Combinación de máximo valor en la producción de yuca y maíz: en el nivel alto de fertilización (a), en el nivel bajo (b) y con los dos niveles (c)	88
6	Combinación óptima de los recursos mano de obra y capital de seis sistemas de cultivos con yuca y maíz: en el nivel alto de fertilización (a), en el nivel bajo (b) y con los dos niveles (c)	90
7	Eficiencia económica total de seis sistemas de cultivo con yuca y maíz: en el nivel alto de fertilización (a), en el nivel bajo (b) y con los dos niveles (c)	92

PROLOGO

El CATIE a través de su Departamento de Producción Vegetal (DPV) desarrolló durante varios años un proyecto regional de investigación en sistemas de producción para fincas pequeñas del Istmo Centroamericano. El Proyecto fue financiado por la Oficina Regional para los Programas Centroamericanos (ROCAP) de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (AID) y su ejecución estuvo a cargo de las instituciones nacionales de investigación agrícola y del CATIE como organismo de coordinación.

Uno de los propósitos del Proyecto fue desarrollar y proponer métodos y estrategias para mejorar el mecanismo institucional público de desarrollo y difusión de tecnologías para agricultores de pocos recursos. El Proyecto desarrolló y probó la aplicación de una metodología de investigación en fases, la que empieza con una caracterización ecológica y socioeconómica de las áreas de trabajo y una descripción y diagnóstico de la tecnología utilizada por los productores en sus principales sistemas de cultivo. Este diagnóstico confrontado con el conocimiento existente permite el diseño de opciones técnicas apropiadas para mejorar el comportamiento productivo-económico de los sistemas seleccionados y beneficiar a sus productores. Luego las opciones propuestas son probadas y evaluadas técnicamente en el área de recomendación y en fincas de los agricultores objetivo. Posteriormente las propuestas aceptadas técnicamente durante la evaluación se someten a una prueba de validación por una muestra de los agricultores de recomendación y en condiciones de producción normal. Porque el proceso de validación también permite anticipar la conveniencia y requisitos de un probable esfuerzo de difusión y transferencia final de la innovación, se le denominó "Validación/transferencia" dentro del Proyecto.

Los trabajos específicos de Validación/transferencia se iniciaron en 1982 y terminaron en el campo en 1984. El presente documento es una guía generalizada para el análisis y evaluación de los resultados de campo obtenidos en parcelas de Validación/transferencia.

El documento es parte de los informes técnicos del Proyecto Regional de Investigación en Sistemas de Producción para Fincas Pequeñas (SFPS). Fue preparado por el CATIE a través de su Departamento de Producción Vegetal bajo la responsabilidad del autor. También contribuyeron los demás miembros del equipo técnico del Proyecto, particularmente los Doctores Carlos Burgos, Germán Escobar y Raúl Moreno. Los Ingenieros Agrónomos Mag. Sc. José Arze, Washington Bejarano, Joaquín Larios y los Ingenieros Agrónomos Emilia Solís y Mario Sáenz. El Señor Tomás Saraví, editor, el Biólogo Ely Rodríguez y el Lic. Héctor Chavarría, tuvieron a su cargo la revisión editorial, diseño y publicación del informe.

A todos ellos se les agradece su participación y contribución en el trabajo y preparación de este informe.

Romeo Martínez Rodas
Jefe
Departamento de Producción Vegetal

**GUIA PARA LA EVALUACION
DE RESULTADOS DE PARCELAS
DE VALIDACION/TRANSFERENCIA
EN EL DESARROLLO DE TECNOLOGIAS
AGRICOLAS PARA AREAS ESPECIFICAS**



GUIA PARA LA EVALUACION DE RESULTADOS DE PARCELAS DE VALIDACION/ TRANSFERENCIA EN EL DESARROLLO DE TECNOLOGIAS AGRICOLAS PARA AREAS ESPECIFICAS

Luis A. Navarro*

INTRODUCCION

El proceso de Validación/Transferencia implica someter una innovación técnica desarrollada para un sistema de cultivo particular, a la ejecución y evaluación directa de una muestra de los agricultores para quienes se propone. Ello se realiza en un área dada, en sus fincas y, en la medida de lo posible, en comparación con la tecnología utilizada en el mismo sistema de cultivo en el momento de efectuar la experiencia.

La innovación técnica, para ser sometida a la actividad de Validación/Transferencia, debe estar bien definida, con evidencias que muestren sus componentes, forma y cronología de manejo y el comportamiento técnico-económico que se espera en las fincas. Tales requisitos son particularmente importantes en aquellos aspectos y momentos en que la innovación difiere de la tecnología originaria del agricultor.

Para realizar la actividad de Validación/Transferencia, la innovación técnica debe ser comunicada a los agricultores en la forma y en el momento indicados para que los colaboradores la ejecuten por ellos mismos, sin interferencias, contando con el apoyo que necesiten. Por ello, la actividad propuesta constituye un esfuerzo de 'transferencia tecnológica en pequeño'.

Así, los propósitos de la Validación/Transferencia son:

1. Verificar el comportamiento técnico-económico esperado de la innovación, mediante la ejecución directa de una muestra de los agricultores objetivo, en sus propias fincas.

* Ph.D. Economista Agrícola, CATIE, Turrialba, Costa Rica (1983).

2. Estimar el nivel de adopción e impacto (beneficio) que presentaría la innovación al ser transferida a la población de agricultores objetivo en el área recomendada.
3. Anticipar los requisitos -métodos, recursos y apoyo institucional (costos)- necesarios para transferir la innovación a toda la población de agricultores objetivo.
4. Relacionar la evidencia y recomendar a las instituciones que la innovación:
 - Sea transferida, mostrando a los extensionistas la relación favorable entre los beneficios y costos esperados de esa transferencia y proporcionando información básica para diseñarla y presupuestarla, o bien recomendar que,
 - no sea transferida, especificando y mostrando los problemas encontrados, tanto en lo referente a su comportamiento técnico-económico, adopción o requisitos y costos de transferencia, como en la retroalimentación de los investigadores.

La actividad propuesta constituye, de ese modo, una fase de evaluación avanzada para una innovación tecnológica, en la que también se establecen las bases para recomendar y diseñar su transferencia. Conecta estrictamente la investigación y la extensión en el proceso de desarrollo de una tecnología y requiere equipos mixtos.

En la actualidad aún existen limitaciones metodológicas para cumplir los propósitos planteados en la Validación/Transferencia, particularmente en cuanto se refiere a estimar la forma de adopción y los costos de transferencia.

Existen limitaciones tanto en la definición, implementación y seguimiento del trabajo de campo como en el análisis de sus resultados. Se sabe, sin embargo, que tanto la colección de información durante la Validación/Transferencia, como su análisis y evaluación, deben estructurarse de acuerdo con los propósitos planteados. Se propone la secuencia de análisis y evaluación de resultados que se discute a continuación como uno de los posibles caminos a seguir.

SECUENCIA PARA LA EVALUACION DE RESULTADOS

La evaluación de resultados implica su análisis, con el fin de estudiar sus componentes y relaciones, que luego se integran en conclusiones acordes con los propósitos buscados. Entre los profesionales la capacidad integradora no es común, ni ha sido tan entrenada como la de análisis. Por ello es necesario sugerir los elementos básicos a considerar y rutas o etapas definidas, además de herramientas específicas en cada caso, para realizar la evaluación de resultados en la actividad de Validación/Transferencia.

Elementos de evaluación

Evaluar implica fijar el valor de algo, según algún criterio acorde con el interés implícito en la evaluación.

En Validación/Transferencia, el interés reside en discernir si una innovación tecnológica dada puede ser recomendada para ser transferida y cómo, o si no puede ser recomendada y por qué. El algo, entonces, es la innovación técnica. El criterio de valoración consiste en comparar diferentes aspectos relevantes del comportamiento observado en la innovación, durante el ciclo, con: a) el comportamiento esperado de la innovación, según su definición; b) el comportamiento observado en la tecnología propia del agricultor; c) el comportamiento permisible (o deseado) por las condiciones de la finca y el área durante el ciclo. Esto último implica seleccionar y medir diferentes variables, relacionadas con el comportamiento que interesa y según algún patrón de cobertura y repetición en el tiempo, a través de los agricultores colaboradores.

Requiere también herramientas específicas, tanto para colección como para el análisis de información. Así, los elementos básicos y necesarios para estas evaluaciones incluyen los siguientes:

- A : Innovación tecnológica
- X : Variable relacionada con algún aspecto del comportamiento que interesa evaluar en la innovación (X_A) o en el comparador (X_C).
- C : Comparador, que puede ser, entre otros:
 - a) Comportamiento esperado según la definición de la innovación
 - b) Comportamiento observado en la tecnología propia del agricultor.
 - c) Comportamiento permisible (o requerido) por las condiciones de las fincas y el área objetivo.
- n_1 : Número de agricultores colaboradores en la muestra inicialmente seleccionada.
- n_2 : Número de agricultores colaboradores con quienes se instalaron parcelas de validación.
- n_3 : Número de agricultores en la muestra final (observaciones válidas).
- m : Número de observaciones para el comparador ($m = 1$ cuando es un parámetro dado; $m = n_3$, cuando son observaciones pareadas; $m \neq 1$ y $m \neq n_3$, cuando son muestras de diferente tamaño).

H : Herramienta o procedimiento de análisis y evaluación.

Secuencia

Se sugiere la siguiente secuencia para evaluar los resultados de Validación/Transferencia, de acuerdo con sus propósitos:

- Paso 1: Evaluación de resultados biológicos. Evalúa y compara el rendimiento y otras respuestas biológicas de la innovación técnica con la del testigo. Determina su factibilidad técnica y su atractivo en producción y productividad.
- Paso 2: Evaluación de los requisitos en materia de recursos y capacidad de manejo. Compara esos requisitos, con atención a la disponibilidad y usos alternativos de los mismos en la finca y en cada momento u operación durante el ciclo. Determina la factibilidad económica de la innovación.
- Paso 3: Evaluación de costos e ingresos. Relaciona y calcula las respuestas y requisitos de la innovación en términos monetarios, con respecto al comparador. Determina la viabilidad y atractivo económico de la innovación y anticipa la sensibilidad de su ingreso neto, frente a cambios esperados en el cuadro de precios para productos y recursos.
- Paso 4: Evaluación de riesgo. Relaciona y sopesa las variaciones observadas en la producción y recursos requeridos por la innovación, en los precios de los mismos y su efecto en términos de ganancia o pérdida probable; todo ello en relación con el comparador.
- Paso 5: Evaluación de la eficiencia y retorno en el uso de los recursos. Se evalúa y confronta la eficiencia con que se usan los diferentes recursos requeridos por la innovación y el comparador; generalmente se mide el retorno físico o económico por cada unidad utilizada, o por la unidad marginal (la última que se agrega) del recurso que interesa. Esta evaluación será más importante para el recurso que sea más limitante en las condiciones de las fincas objetivo.
- Paso 6: Estimación de la aceptabilidad, adopción e impacto. Relaciona las evaluaciones realizadas previamente con la reacción y actitud del agricultor al ejecutar y comprobar los resultados de la innovación, y la proyección que se tenga respecto a las condiciones en la finca y área objetivo. Esta tarea requiere que se determine la propor-

ción de los agricultores que reúnan las condiciones requeridas por la innovación y que se espera utilizarán la misma. Esta proporción -combinada con la información respecto al cambio (impacto) el comportamiento biológico o económico de la innovación por hectárea, el número de agricultores que utilizan el sistema focal (aquel para el cual se propone la innovación) y la superficie promedio en que ellos lo usan- permitirá una estimación de impacto (beneficio) para el área. Tal estimación requiere el estudio de las observaciones adicionales que se hayan hecho durante el ciclo en la finca, el área y respecto a los agricultores. El resultado debe ser una estimación del beneficio que se esperaría de un esfuerzo de transferencia de la innovación a la población de agricultores objetivo.

Paso 7: Estimación de requisitos y costos de transferencia. Implica un recuento de las actividades requeridas y los costos en que se ha incurrido en el esfuerzo de que la innovación sea implementada por los agricultores colaboradores; se evalúa su efectividad y se proyecta considerando lo que implicaría extender su cobertura a toda la población de agricultores objetivo en el área. Pone atención en el apoyo adicional que podrían necesitar los agricultores de instituciones de crédito, mercado y otras. El resultado debe ser una estimación del costo necesario para que toda la población de agricultores objetivo en el área reciba el 'mensaje técnico' y el apoyo necesario para implementar la innovación.

Paso 8: Recomendación final. Relaciona y estima los beneficios y costos esperados de un esfuerzo de transferencia a toda la población objetivo, como se vio en los pasos previos. El resultado debe ser una recomendación que determine si la innovación:

- Debe transferirse, especificando los beneficios netos esperados y brindando antecedentes para diseñar y presupuestar la transferencia, o
- no debe transferirse, especificando los problemas encontrados tanto en lo referente a comportamiento técnico, adopción o requisitos y costos de transferencia, como información para las instituciones pertinentes.

En el presente documento se tratará por separado y detalladamente cada uno de los cinco primeros pasos, solamente.

PASO I

EVALUACION DE RESULTADOS BIOLOGICOS



PASO 1: EVALUACION DE RESULTADOS BIOLOGICOS

Este paso constituye parte del propósito de verificación del comportamiento técnico esperado de la innovación. Interesa verificar sobre todo la factibilidad técnica y la bondad técnico-biológica atribuida a la innovación.

Factibilidad técnica

Supuestamente la innovación fue propuesta, con base en alguna evidencia, como apropiada para el área y para los agricultores de la población elegida como muestra, asegurándose que al menos cumpliría su ciclo productivo con iguales o menores problemas que el comparador. ¿Es esto cierto, según la evidencia encontrada durante la validación?

Puede comenzarse a responder ese interrogante comparando n_1 con n_2 y n_3 . Si hay diferencias, ¿cómo se explican? Interesa identificar y cuantificar las situaciones en que hubo un problema técnico-biológico; por ejemplo, pérdidas totales o parciales por razones climáticas, de suelo o bióticas. Si éstos se descubren, hay que establecer si las situaciones que ocasionaron las pérdidas fueron fortuitas o se reiteraron a través del área y en el tiempo. Si se trata del último caso, ello indica que la innovación siempre, o con mucha frecuencia, tendrá ese problema; queda cuestionada su factibilidad técnica y, por lo mismo, será 'más riesgosa'.

Las situaciones que se pueden encontrar en el área pueden clasificarse del siguiente modo:

Las parcelas que se intentó instalar con la innovación fueron rechazadas, tuvieron pérdidas marcadas o fracasaron totalmente, a diferencia del comparador, por razones de clima, suelo o bióticas comunes en el área, en estas proporciones:

1. No más de un tercio; la innovación es técnicamente factible.
2. Más de un tercio, pero no más de dos tercios; la innovación es medianamente factible, técnicamente.

3. Más de dos tercios; la innovación no es factible, técnicamente.

Haciendo esta evaluación para toda el área y las parcelas en conjunto, también puede ser útil estudiar esta 'sobrevivencia' de parcelas en su distribución a través del área de trabajo, usando mapas y croquis de ubicación. Lo que interesa es comprobar si existe algún patrón que pueda indicar una sub-área problemática. Ello es importante sobre todo cuando el área ya había sido subdividida en 'sub-áreas homogéneas'. La detección de algún patrón de este tipo ayudaría a definir mejor el área recomendable para la innovación.

Bondad técnico-biológica

Lo que se busca aquí, principalmente, es contrastar el rendimiento, en producción promedio por hectárea, de la innovación y su variabilidad a través del área, con los resultados del comparador.

Las variables de comportamiento son, entonces:

X_A = Rendimiento de la innovación en unidades por hectárea

X_C = Rendimiento del comparador en unidades por hectárea

Se han obtenido del campo n_3 observaciones válidas para X_A y m para X_C .

Lo que se quiere evaluar es una de las varias hipótesis, que incluyen:

$$\text{Tipo A : } H_0 ; \mu_{X_A} \leq \mu_{X_C}$$

$$H_1 \quad \mu_{X_A} \geq \mu_{X_C}$$

La hipótesis nula, que se quiere probar y rechazar, es que el efecto de la innovación (μ_{X_A}) es igual o menor que el efecto de comparación (μ_{X_C}).

$$\text{Tipo B : } H_0 ; \mu_{X_A} \geq \mu_{X_C}$$

$$H_2 ; \mu_{X_A} \leq \mu_{X_C}$$

La hipótesis nula que se quiere probar y en lo posible no rechazar es que el efecto de la innovación (μ_{X_A}) es igual o mayor que el efecto de comparación requerido o deseado (μ_{X_C}).

$$\text{Tipo C : } H_0 ; \mu_{X_A} \leq \mu_{X_C} + K$$

$$H_3 ; \mu_{X_A} > \mu_{X_C} + K$$

La hipótesis nula que se quiere probar y en lo posible rechazar es que el efecto de la innovación (μX_A) es igual o menor que el efecto de comparación más cierta cantidad (K) preestablecida (requerida o deseada); ($\mu X_C + K$).

La forma más elemental de probar estas hipótesis es la 'prueba de t' en la modalidad que corresponda. En los tres tipos de hipótesis se designan como 'pruebas de una cola' al nivel de significación α que se elija. Los casos A y C usan la 'cola superior'; el caso B la inferior.

Para este análisis pueden haber varias situaciones, relacionadas con el número y tipo de observaciones finales para el análisis estadístico.

Caso 1: $n_3 = m$; caso de observaciones pareadas

Sucede cuando en cada finca (i) se observó una parcela con la innovación de la que se obtuvo X_{Ai} y también se observó el comportamiento de la tecnología propia del agricultor (X_{Ci}) en otras parcelas.

En este caso se puede calcular la diferencia correspondiente a cada finca, observación o par (i):

$$d_i = X_{Ai} - X_{Ci}$$

Luego se trabaja con estas diferencias (d_i) para obtener:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^{n_3} d_i / n_3}{m} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i / m}{m}, \quad \text{donde } m = n_3$$

Desviación estándar:

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum d_i^2 - (\sum d_i)^2 / n_3}{n_3 - 1}}$$

Con cuyos valores se puede calcular el "t" correspondiente.

$$t = \frac{\bar{d} - \mu}{s_d / \sqrt{n_3}}$$

Para ($n_3 - 1$) grados de libertad y el nivel de significación α que se escoja, μ_d debe corresponder al tipo de hipótesis que se esté probando, en la siguiente forma:

Tipo A: $H_0 : \mu_{X_A} < \mu_{X_C}$
o $H_0 : \mu_{X_A} - \mu_{X_C} \leq 0$
Donde $\mu_{X_A} - \mu_{X_C} = \mu_d$

Luego $H_0 : \mu_d \leq 0$
 $H_1 : \mu_d > 0$

Tipo B: $H_0 : \mu_{X_A} \geq \mu_{X_C}$
o $H_0 : \mu_{X_A} - \mu_{X_C} \geq 0$
donde $\mu_{X_A} - \mu_{X_C} = \mu_d$

Luego $H_0 : \mu_d \geq 0$
 $H_2 : \mu_d < 0$

Tipo C: $H_0 : \mu_{X_A} \leq \mu_{X_C} + K$
o $H_0 : \mu_{X_A} - \mu_{X_C} \leq K$
Donde $\mu_{X_A} - \mu_{X_C} = \mu_d$

Luego $H_0 : \mu_d \leq K$
 $H_3 : \mu_d > K$

Caso 2: $n_3 \neq m$ y $m \neq 1$; caso de muestras de diferentes tamaños.

Sucede cuando por alguna razón no se logran observaciones pareadas pero hay más que un valor para el comparador. En este caso las dos muestras (n_3) se suponen independientes; se calculan promedios muestrales para:

La alternativa: $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n_3} X_{Ai}}{n_3}$

El comparador: $\bar{X}_C = \frac{\sum_{i=1}^m X_{Ci}}{m}$

Estimación muestral del error estándar de la diferencia $\bar{X}_A - \bar{X}_C$, $s(\bar{X}_A - \bar{X}_C)$:

$$s_{(\bar{X}_A - \bar{X}_C)} = \sqrt{\frac{(\sum X_{Ai}^2 - (\sum X_{Ai})^2/n_3) + (\sum X_{Ci}^2 - (\sum X_{Ci})^2/m)}{n_3 + m - 2}} \left[\frac{n_3 + m}{n_3 m} \right]$$

Con cuyos valores se puede calcular el "t" correspondiente.

$$t = \frac{(\bar{X}_A - \bar{X}_C) - (\mu_{X_A} - \mu_{X_C})}{s_{(\bar{X}_A - \bar{X}_C)}}$$

Para $n_3 + m - 2$ grados de libertad y el nivel de significación α que se escoja.

$\mu_{X_A} - \mu_{X_C}$ debe corresponder al tipo de hipótesis que se está probando, del siguiente modo:

Tipo A : $\mu_{X_A} - \mu_{X_C} = 0$

Tipo B : $\mu_{X_A} - \mu_{X_C} = 0$

Tipo C : $\mu_{X_A} - \mu_{X_C} = K$

Esta prueba puede utilizarse también para casos en que $n_3 = m$, si ambas muestras se suponen independientes.

Caso 3: $m = 1$; caso en que el comparador es un parámetro dado

Sucede cuando sólo se tienen observaciones de comportamiento en la parcela de validación, que se comparará con algún valor dado.

Este valor puede ser: a) aquel esperado de la innovación, según la evidencia que se tenía; b) un valor mínimo (o máximo) requerido o deseado para alguna decisión en la finca; o c) un valor mínimo (o máximo) permisible en la finca según las circunstancias en el estudio.

En este caso se calculan:

El promedio muestral observado: $\bar{X}_A = \frac{\sum_{i=1}^{n_3} X_{Ai}}{n_3}$

Su desviación estándar: $s_{X_A} = \sqrt{\frac{\sum X_{Ai}^2 - (\sum X_{Ai})^2/n_3}{n_3 - 1}}$

Con cuyos valores, más el valor comparador μ_C , se calcula el "t" correspondiente:

$$t = \frac{X_A - \mu_C}{s_{X_A} / \sqrt{n_3}}$$

Para (n_3-1) grados de libertad y el nivel de significación α que se escoja.

μ_C debe corresponder con el tipo de hipótesis que se está probando:

Tipo A : $\mu_C = \mu_{X_C}$

Tipo B : $\mu_C = \mu_{X_C}$

Tipo C : $\mu_C = \mu_{X_C} + K$

Evaluación del rendimiento en cultivos en forma individual y combinada, en caso de policultivos

En aquellos casos en que el sistema productivo focal es de policultivos se agregan problemas de medición y comparación del comportamiento biológico.

En el caso más simple se puede optar por comparar la respuesta de los cultivos en forma individual; se los trata como si fueran un monocultivo, pudiéndose utilizar el procedimiento visto.

La situación es problemática cuando se sabe que un cultivo influye sobre otro en el sistema, y viceversa. Una opción es utilizar algún tipo de análisis multivariado para comparar el comportamiento de todos los cultivos a la vez, en la innovación y en el testigo. El análisis multivariado requiere más capacidad para computar datos y más conocimiento teórico para interpretar los resultados que lo disponible en la generalidad de los casos.

Otra opción es tratar de transformar el 'rendimiento' de todos los cultivos del sistema según una variable 'indicadora'. Lo común es hacerlo en términos monetarios, energéticos, proteínicos u otros. Una vez transformado en la forma elegida, se puede utilizar otra vez los procedimientos univariados de estadística mostrados.

Dos posibilidades más para esa transformación se discuten en (Navarro, documento en preparación).

En la primera, el 'rendimiento' de todos los cultivos en el sistema se iguala a la suma de los rendimientos individuales medidos en unidades similares. Sean los cultivos yuca, maíz y frijol; cada observación j de rendimiento, se puede 'medir' como:

$$Y_j = X_{1j} + X_{2j} + X_{3j}$$

Donde:

X_{1j} = kg ha⁻¹ de yuca en la observación j.

X_{2j} = kg ha⁻¹ de maíz en la observación j.

X_{3j} = kg ha⁻¹ de frijol en la observación j.

Aunque conceptualmente esto es difícil de aceptar, estadísticamente la suma es permisible. Realmente X_1 , X_2 y X_3 son representación de tres variables aleatorias, que se puede suponer provienen de tres poblaciones normales diferentes y no necesariamente independientes. También se puede suponer que la suma de las expresiones numéricas del rendimiento es de distribución normal, cualquiera sea la unidad de medida. Estas suposiciones de normalidad son aceptables en datos biológicos.

La dificultad conceptual para aceptar el indicador puede llevar a las siguientes consideraciones. Un sistema policultural produce cierta cantidad en kilogramos de producto compuesto por hectárea. La composición de cada kg de ese producto compuesto depende de la proporción entre los rendimientos de los cultivos componentes. Incluso se puede dar un nombre representativo; por ejemplo: kg ha⁻¹ de maíz/yuca/frijol. En un sentido es similar al hecho de considerar 1 kg de frijol igual a 1 kg de proteína/carbohidratos/grasas/otro. También es un producto compuesto.

En la segunda posibilidad, para medir el 'rendimiento' de un sistema policultural se trata de compensar por escala y unidad en la medida de los productos componentes en la transformación.

Para ello, se 'pesa' cada observación j en la distribución normal del cultivo componente i, por el inverso de su media μ_{xi} . Si la observación es X_{ij} kg, su media es μ_{xi} kg y su varianza σ_{xi}^2 kg², la variable transformada W_{ij} sería:

$$W_{ij} = \frac{X_{ij} \text{ kg}}{\mu_{xi} \text{ kg}} \sim N \left(1 \sigma_{xi}^2 \frac{x_i}{\mu_i^2} \right)$$

Esta es la misma transformación implícita en el coeficiente de variación para cultivos individuales. Elimina la diferencia de escala y unidad de medida, lo que permite la comparación directa entre resultados experimentales que pueden diferir entre ellos.

Con esta transformación, la nueva 'medida' de reconocimientos para el policultivo sería:

$$Y = W_{1j} + W_{2j} + W_{3j}$$

Cuando n = 3 cultivos

En general:

$$Y = \sum_{i=1}^n W_i \sim N(\mu_Y, \sigma^2 Y)$$

Empíricamente, para cada cultivo i en el que se tienen observaciones j , cada observación se transforma con base en su media muestral \bar{X}_i , de tal forma que:

$$X_{ij} = \frac{X_{ij}}{\bar{X}_i}$$

Luego cada observación j sobre el 'rendimiento' del policultivo es:

$$Y_j = \sum_{i=1}^n W_{ij} \quad \text{donde } n \text{ es el número de cultivos componentes.}$$

Posteriormente, con la variable transformada se pueden efectuar las evaluaciones discutidas.

Estabilidad técnico-biológica

La bondad técnico biológica de una tecnología, y por ende su factibilidad técnica, está asociada a la variabilidad (o estabilidad) de su comportamiento biológico.

Esta variabilidad se presenta a través del área de recomendación y a través del tiempo.

Generalmente se tienen pocas observaciones, y de uno o pocos años, por lo que no existen datos suficientes para evaluar esa variabilidad. En el caso de Validación/Transferencia se intenta tener varias observaciones distribuidas a través del área de recomendación pero durante un solo año. Esta situación permitirá, por lo menos, estimar la estabilidad de la respuesta de la innovación y su comparador a través del área. También se puede suponer que las diferencias climáticas entre los sitios (fincas) de observación simulan la variación que podría existir en un lugar a través del tiempo; ello permitiría aceptar los resultados de la evaluación como lo esperable también en el tiempo. Lo último podría ser reforzado combinando los resultados encontrados durante la validación, con aquellos provenientes de pruebas y evaluaciones en años previos.

La variabilidad (o estabilidad) en el comportamiento observado de una tecnología importa por lo que implica para la predicción de ese comportamiento, con el fin de tomar decisiones respecto al uso de la tecnología. Se asocia con la dispersión de los resultados individuales en relación con el promedio en general y a través del área de observación.

Variabilidad en general

Para evaluar el comportamiento de la innovación interesará medir su variabilidad y compararla con la variabilidad observada o esperada del comparador.

La medida de dispersión (o variabilidad) más común es la varianza (σ^2_X) de la variable (X) en observación. Esta varianza se estima según la muestra de tamaño n, mediante la varianza muestral s^2_{xi} donde:

$$s^2_X = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1} = \frac{\sum X^2 - (\sum X)^2/n}{n - 1}$$

Con este cálculo se puede someter a prueba la siguiente hipótesis:

$$H_0 : \sigma^2_{X_A} = \sigma^2_{X_C}$$

$$H_1 : \sigma^2_{X_A} \neq \sigma^2_{X_C}$$

El rechazo de la hipótesis nula puede constituir una ventaja clara de la innovación (es más estable), cuando $\sigma^2_{X_C} < \sigma^2_{X_A}$, ó desventaja (es más inestable) cuando $\sigma^2_{X_A} > \sigma^2_{X_C}$.

La prueba de esta hipótesis se realiza utilizando la "prueba de F", donde:

$$F = \frac{s^2_{X_A}}{s^2_{X_C}} \text{ o } \frac{s^2_{X_C}}{s^2_{X_A}}$$

que se compara con el F tabulado, con (n₃ - 1) ó (n - 1) grados de libertad para el numerador, que lleva la varianza muestral más grande, y (m - 1) ó (n₃ - 1) grados de libertad para el denominador, que lleva la varianza muestral más pequeña; al nivel de significación (α) que se haya elegido. Así, sólo se usa la 'prueba de una cola'.

Estos cálculos son claros cuando se trata con sistemas monoculturales o cultivos independientes. Para trabajar con rendimientos de policultivos, en conjunto, se pueden intentar las transformaciones analizadas anteriormente. Ellas pueden ser utilizadas en los análisis que siguen.

Lo que hay que cuidar, sin embargo, es el cálculo de las varianzas en esos 'rendimientos', resultante de la suma ponderada de los rendimientos individuales en los cultivos componentes, cuando se usa una transformación.

En general, para el 'rendimiento' transformado Y_i de tres cultivos X_1 , X_2 y X_3 , en conjunto, se tiene:

$$Y_i = W_1X_1 + W_2X_2 + W_3X_3$$

Donde:

W_1, W_2 y W_3 son los pesos de ponderación

De esto:

$$\begin{aligned}\mu_Y &= E(Y) = E(W_1X_1 + W_2X_2 + W_3X_3) \\ &= W_1 E(X_1) + W_2 E(X_2) + W_3 E(X_3)\end{aligned}$$

Es decir, el promedio del rendimiento transformado es igual a la suma de los promedios individuales, cada uno ponderado por el peso individual correspondiente.

$$\begin{aligned}\sigma^2_Y &= E[Y - E(Y)]^2 \\ &= E[(W_1X_1 + W_2X_2 + W_3X_3) - E(W_1X_1 + W_2X_2 + W_3X_3)]^2 \\ &= E[W_1X_1 + W_2X_2 + W_3X_3 - W_1E(X_1) - W_2E(X_2) - W_3E(X_3)]^2 \\ &= E\{[W_1X_1 - W_1E(X_1)] + [W_2X_2 - W_2E(X_2)] + [W_3X_3 - W_3E(X_3)]\} \\ &= E\{W_1[X_1 - E(X_1)] + W_2[X_2 - E(X_2)] + W_3[X_3 - E(X_3)]\}^2 \\ &= E\{W_1^2[X_1 - E(X_1)]^2 + W_2^2[X_2 - E(X_2)]^2 + W_3^2[X_3 - E(X_3)]^2 \\ &\quad + 2W_1W_2[X_1 - E(X_1)][X_2 - E(X_2)] \\ &\quad + 2W_1W_3[X_1 - E(X_1)][X_3 - E(X_3)] \\ &\quad + 2W_2W_3[X_2 - E(X_2)][X_3 - E(X_3)]\} \\ &= W_1^2 E[X_1 - E(X_1)]^2 + W_2^2 E[X_2 - E(X_2)]^2 + W_3^2 E[X_3 - E(X_3)]^2 \\ &\quad + 2W_1W_2 E[X_1 - E(X_1)][X_2 - E(X_2)] \\ &\quad + 2W_1W_3 E[X_1 - E(X_1)][X_3 - E(X_3)] \\ &\quad + 2W_2W_3 E[X_2 - E(X_2)][X_3 - E(X_3)]\end{aligned}$$

En donde:

$$\begin{aligned}E[X_i - E(X_i)]^2 &= \sigma^2_{X_i} \\ E[X_i - E(X_i)][X_j - E(X_j)] &= \text{COV}(X_i, X_j)\end{aligned}$$

Para todo $i \neq j$

Resulta:

$$\begin{aligned}\sigma_Y^2 &= \sigma^2 (W_1X_1 + W_2X_2 + W_3X_3) \\ &= W_1^2 \sigma^2 X_1 + W_2^2 \sigma^2 X_2 + W_3^2 \sigma^2 X_3 + 2 W_1W_2 \text{COV} (X_1X_2) \\ &\quad + 2 W_1W_3 \text{COV} (X_1, X_3) + 2 W_2W_3 \text{COV} (X_2, X_3)\end{aligned}$$

Lo cual se puede estimar fácilmente de la matriz de varianzas-covarianzas muestrales de los rendimientos individuales y el valor de los pesos (W_i) de ponderación que se hayan utilizado, según la transformación utilizada.

Calculando el σ_Y^2 correspondiente se puede seguir con el procedimiento normal.

Asociados con el cálculo de las varianzas están el coeficiente de variación y los intervalos de confianza para diferentes niveles de probabilidad, que se relacionan con la distribución y frecuencia de las observaciones.

Coefficiente de Variación (CV)

Este cálculo:

$$CV_{X_A} = s_{X_A} / \bar{X}_A$$

Se puede comparar directamente con:

$$CV_{X_C} = s_{X_C} / \bar{X}_C$$

Esto, que es útil para presentaciones, por lo común de su uso, no permite una evaluación estadística explícita respecto a su diferencia o no diferencia.

Intervalos de confianza

Para muchas situaciones de decisión, es más útil considerar el problema estadístico como de estimación de respuestas que como prueba de hipótesis respecto a esas respuestas.

El cálculo de "t" visto antes, permite la determinación de 'intervalos de confianza'. Estos intervalos establecen los límites dentro de los cuales se predice, con cierta probabilidad de error α , que se encuentra cierto valor que interesa. Generalmente este valor es el valor promedio (μ_X) respecto al cual se tiene una estimación muestral (\bar{X}).

El intervalo se deriva de la fórmula de "t".

$$t = \frac{X - \mu_X}{\frac{ES}{\bar{X}}}$$

donde $ES_{\bar{X}}$ es el error estándar de \bar{X} .

De esa fórmula resulta el intervalo:

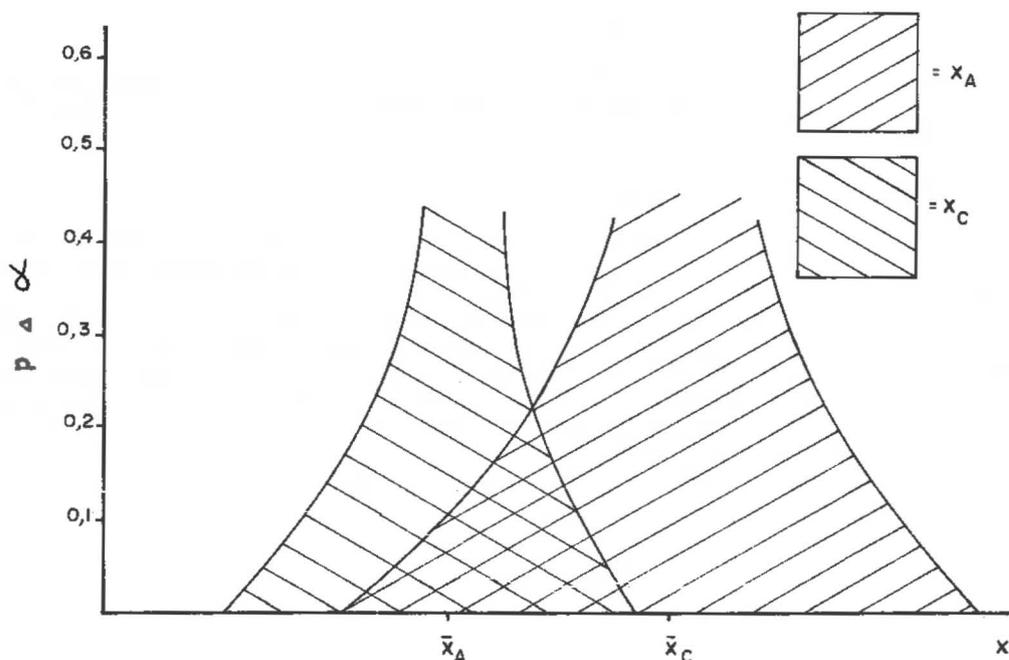
$$\mu X = \bar{X} \pm t \alpha \cdot ES_{\bar{X}}$$

Donde α es el nivel de significación estadística escogido ($0 < \alpha \leq 1$) y $t \alpha$ es el valor de "t" tabulado para el nivel α y $(n-1)$ grados de libertad; n es el tamaño de la muestra que provee \bar{X} y $ES_{\bar{X}}$.

El intervalo implica que dada la muestra de tamaño n de X que proporciona \bar{X} , el valor que se estima, μX , se encuentra, con una seguridad de $(1 - \alpha) 100 \%$ [esto es, con peligro de equivocarse de $(\alpha \cdot 100)$ veces en 100], entre $\bar{X} - t \alpha \cdot ES_{\bar{X}}$ y $\bar{X} + t \alpha \cdot ES_{\bar{X}}$.

\bar{X} Con estas indicaciones, se puede graficar la distribución de frecuencia esperada, según los intervalos de confianza, para las respuestas de la innovación y del comparador, lo que puede ser complementado graficando también la distribución de frecuencia de las observaciones mismas. Todo ello permite comparar, visualmente, tanto la posición relativa de los promedios \bar{X}_A y \bar{X}_C como de la dispersión vista y esperada según la muestra.

Figura 1. Intervalos de confianza para el rendimiento.



Según la hipotética Figura 1, el promedio \bar{X}_A es mayor que \bar{X}_C . También se puede notar, sin embargo, que la innovación es más inestable que el comparador. En este gráfico se pudo agregar la distribución de frecuencia observada.

Variabilidad a través del área

Este análisis pretende evaluar si el comportamiento observado ha variado a través del área según algún patrón definido que permita ajustar el área de recomendación o que explique la variación.

Variabilidad a través de sub-áreas homogéneas

En algunos casos, el área de recomendación en que se realizó la Validación/Transferencia ha sido dividida en sub-áreas homogéneas. Se piensa que en cualquiera de esas sub-áreas la innovación (o su comparador) tiene un comportamiento o estructura similar; consecuentemente, cuando se cambia de sub-área se debe esperar que la innovación (o su comparador) difiera en una forma dada, en cuanto a comportamiento o estructura. Esto implica que la división del área en sub-áreas homogéneas debe realizarse con base en características de clima, suelo o tipos de fincas (por tecnología, tamaño, orientación) que se sabe influirán en el comportamiento o estructura de la innovación y el comparador.

Si estas sub-áreas han sido definidas, se espera que la muestra de agricultores colaboradores se seleccione de tal forma que se tenga representación de cada una de ellas.

En este caso, puede ser interesante evaluar si el comportamiento de la innovación y su relación con el del comparador, es diferente a través de las diferentes sub-áreas. Si esto es así, interesará saber en qué forma varía y cómo se podría explicar.

Para un ejemplo hipotético, pueden considerarse los datos de 'rendimiento' (Y) observados en cada finca participante (Y_i), ubicadas en tres sub-áreas homogéneas (SA_j) en que se dividió el área de trabajo, para comparar las tecnologías (A_k) ($k = 1$ innovación, $k = 2$ comparador).

Dichos datos se presentan en el Cuadro 1 (los datos no son necesariamente pareados) preparados para un análisis de varianza jerárquico. Interesa probar las hipótesis:

- 1) El comportamiento promedio de la innovación es igual al del comparador.
- 2) El comportamiento promedio de cada uno de ellos es igual a través de las diferentes sub-áreas.

Cuadro 1. Datos de rendimientos hipotéticos para dos tecnologías (A) a través de tres sub-áreas homogéneas (SA).

Conector		Observación		Conector SA			Conector A			Gran		
A	S	Y	Y ²	T	n	T ² n	T _A	n _A	T _A ² /h _A	T _G	n _G	T _G ² /n _G
A ₁	S ₁	19	361									
		23	529	42	2	882						
	S ₂	17	289									
		15	225									
		16	256	48	3	768						
	S ₃	18	324	18	1	324	108	6	1 944			
A ₂	S ₁	21	441									
		23	529									
		22	484	66	3	1 452						
	S ₂	18	324									
		21	441									
		17	289									
		16	256	72	4	1 296						
	S ₃	19	361									
		15	225	34	2	578	172	9	3 287	280	15	5 226
Suma		5 334		5 300			5 231			5 226		
Nº de totales		15		6			2			1		
		IV		III			II			I		

Cuadro 2. Cálculos preliminares para el análisis de varianza.
(ANDEVA) jerárquico.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Tipo de total	Total de cuadrados	No. de items cuadrados	Observac. por item cuadrado	Total cuadrados por observac. (2) ÷ (4)
Gran	$G^2 = \Sigma (T_G^2)$	1	$n_t = \sum_{a=1}^{na} \sum_{s=1}^{ns_a} nr_{(s,a)}$	I
Conector a	ΣT_A^2	na	$\sum_{s=1}^{ns_a} nr_{(s,a)}$	II
sa dentro de a	ΣT_{sa}^2	$\sum_{a=1}^{na} ns_a$	$nr_{(s,a)}$	III
Observación	ΣY^2	$\sum_{a=1}^{na} \sum_{s=1}^{ns_a} nr_{(s,a)}$	1	IV

na = Número de clases en el conector A

ns_a = Número de clases del conector S dentro de la clase a del conector A

nr_(s,a) = Número de observaciones en la clase s del conector S y clase a del conector A

Donde:

n_t = Número total de observaciones Y: en el Cuadro 1, $n_t = 15$

n_a = Número de clases en el conector A (tecnologías en comparación en el ejemplo; $n_a = 2$ en el Cuadro 1)

ns_a = Número de clases en el conector S, sub-áreas homogéneas en el ejemplo con observaciones respecto al conector A_a (tecnología a_i).

En el Cuadro 1, $ns_1 = 3$, $ns_2 = 3$

$nr(s,a)$ = Número de observaciones (fincas colaboradoras en el ejemplo), dentro de clase s del conector S (sub-área) y la clase a del conector A (tecnología)

En el Cuadro 1 estos valores son:

$$\begin{array}{ll} nr(1,1) = 2 & nr(1,2) = 3 \\ nr(2,1) = 3 & nr(2,2) = 4 \\ nr(3,1) = 1 & nr(3,2) = 2 \end{array}$$

Con estos datos se puede proceder al ANDEVA jerárquico según el Cuadro 3.

Cuadro 3. ANDEVA jerárquico

Fuente de variación (1)	Suma de cuadrados (2)	Grados de libertad (3)	Cuadrado medio (4)-(2)÷(3)	F (5)
Conector a	II - I	na^{-1}	R	R/S
sa dentro de a	III - II	na $\sum_{a=1} ns_a - na$	S	S/W
Error (dentro de sa)	IV - III	$n_t - \sum_{a=1} ns_a$	W	
Total	IV - I	$n_t - 1$		

Si $F = R/S$ es significativo para $(n_a - 1)$ Y $(\sum_{a=1}^{n_a} ns_a - na)$ grados de libertad y el α escogido, se concluye que las tecnologías difieren en comportamiento, a través de las sub-áreas.

Si $F = S/W$ es significativo para $(\sum_{a=1}^{n_a} ns_a - na)$ y $(n_t - \sum_{a=1}^{n_a} ns_a)$ grados de libertad y el α seleccionado, se concluye que el comportamiento de las tecnologías es estadísticamente diferente entre las sub-áreas muestreadas. En ese caso puede ser interesante evaluar cómo difieren (patrón). Completando el ejemplo hipotético se tiene (a partir del Cuadro 1):

Cuadro 4. ANDEVA jerárquico; Ejemplo

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Conector a	5	1	5	0,28
sa dentro de a	69	6 - 2 = 4	17,25	4,57*
Error (dentro de sa)	34	15 - 6 = 9	3,77	
Total	108	15 - 1 = 14		

* Significativo, $p = 0,05$.

El ANDEVA implica que no se nota diferencia entre las tecnologías a través de todas las sub-áreas, pero sí que ellas se comportan de modo diferente en las diferentes sub-áreas.

En general, si no hay diferencias entre la innovación y su comparador existen dos posibilidades:

- a) Que la innovación tenga costos más altos que el testigo, por lo que puede optarse por no efectuar más análisis.
- b) Que la innovación tenga menores costos, o sea atractiva de otra forma, por lo que conviene seguir analizando resultados.

Si hay diferencias, puede ser necesario comparar aún los costos de producción en ambas.

Patrón de comportamiento a través de las sub-áreas

Cuando se encuentra diferencias de comportamiento de ambas tecnologías entre las diferentes sub-áreas homogéneas, será conveniente estudiar esa variación.

El patrón que interesa conocer y visualizar, en lo posible mediante un croquis, es el de dominancia entre las tecnologías a través de las sub-áreas comparando el comportamiento de cada tecnología en cada sub-área respecto a su propio promedio general calculado para toda el área de estudio.

Como ejemplo se utilizará de nuevo el Cuadro 1. Se sugiere el siguiente procedimiento:

1. Determine las diferencias mínimas significativas (DMS) al nivel de significación (α) que se escoja.

En general la DMS se calcula como sigue:

$$[D] > . ES_d$$

Donde:

D Es la diferencia que se está probando. En el ejemplo los casos en cada sub-área (i) serían:

a) $| d | = | \bar{X}_{ai} - \bar{X}_{ci} |$ diferencia entre los promedios de las tecnologías en la sub-área (i)

b) $| d | = | \bar{X}_{ai} - \bar{\bar{X}}_a |$ diferencia entre el promedio de la innovación en la sub-área (i) respecto a su promedio en toda el área.

c) $| d | = | \bar{X}_{ci} - \bar{\bar{X}}_c |$ diferencia entre el promedio general del comparador en la sub-área (i) y su promedio general en toda el área.

ES_d Es el error estándar correspondiente a la diferencia.

$$ES_d = ES(x_1 - x_2) = s_p^2 \frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}$$

En el cual:

n_1 = Es el número de observaciones que permiten el cálculo de \bar{X}_1

n_2 = Es el número de observaciones que permiten el cálculo de \bar{X}_2

s_p^2 = Es la varianza combinada para las muestras cuyos pro-

medios se están comparando. El Cuadro de ANDEVA (Cuadro 3) provee el cuadrado medio W que se puede utilizar como un estimador más exacto de la varianza combinada; entonces $s_p^2 = W$, en el Cuadro 3, con n_a ($n_t = \sum_{a=1} n_s a$) grados de libertad.

t = Es el valor tabulado de "t" para los grados de libertad implícitos en s_p^2 y el nivel de significación escogido.

2. Preparar un cuadro con los promedios en comparación, sus DMS y conclusiones respecto a dominancia y diferencias estadísticas (Cuadro 5).

Los resultados del Cuadro 5 pueden graficarse para visualizar cualquier patrón de comportamiento a través de las sub-áreas, lo que puede ayudar a establecer mejor el área de recomendación. Para ello, será conveniente poner los resultados sobre una copia del croquis que identifica y separa las sub-áreas.

Explicación de la variación en el comportamiento de las tecnologías a través de las sub-áreas (u otra forma de estratificación).

Con el conocimiento que se tenga respecto a las características y diferencias entre las sub-áreas (o estratos en estudio), se puede intentar explicar las diferencias en comportamiento entre ellas, cuando existan.

También puede intentarse su modelación, basándose en una herramienta familiar como es la regresión lineal.

Para esto se deben definir diferentes variables que entrarán en el modelo y que deben corresponder a datos obtenidos en las fincas.

X_{A_j} = Rendimiento de la innovación técnica en la finca j .

X_{C_1} = Rendimiento del comparador en la finca 1.

E_j = Rendimiento promedio de todas las tecnologías en comparación en las sub-áreas homogéneas (i) (o estrato de análisis) de donde proviene la observación de rendimiento. Esta variable, que se puede denominar 'índice ambiental', permite 'ordenar' los ambientes en una escala con base en sus valores E_i . Los 'clasifica' de malos a buenos.

D = Variable artificial que determina si la observación de rendimiento corresponde a la innovación ($D = 1$) o al comparador ($D = 0$).

Cuadro 5. Dominancia y diferencias entre promedios de las tecnologías y respecto al área en general, por sub-área homogénea.

Rubro	Sub-áreas		
	S ₁	S ₂	S ₃
Promedio innovación \bar{x}_{A1i}	21	16	18
Posición $\frac{1}{\bar{x}_{A1i}}$ respecto a $\bar{x}_{A1} = 18$ general	+3	-2	0
Grados de libertad, n_1, n_2	9, 2, 6	9, 3, 6	9, 1, 6
$ES_d \sqrt{W [(n_1 + n_2) / n_1 \cdot n_2]}$	1,57	1,37	2,09
DMS $\alpha = 0,1$	2,87	2,51	3,83
Significación estadística ^{2/}	*	NS	NS
Promedio comparador \bar{x}_{A2i}	22	18	17
Posición $\frac{1}{\bar{x}_{A2i}}$ respecto a $\bar{x}_{A2} = 19,11$ general	+ 2,89	-1,11	-2,11
Grados de libertad, n_1, n_2	9, 3, 9	9, 4, 9	9, 2, 9
ES_d	1,28	1,16	1,51
DMS $\alpha = 0,1$	2,34	2,12	2,76
Significación estadística ^{2/}	*	NS	NS
Tecnología dominante en S ₁ ^{3/}	C (+1)	C (+2)	A (+1)
Grados de libertad, n_1, n_2	9, 2, 3	9, 3, 4	9, 1, 2
ES_d	1,76	1,48	2,38
DMS $\alpha = 0,1$	3,22	2,71	4,36
Significación estadística ^{2/}	NS	NS	NS

^{1/}: + sobre, - bajo, 0 coincide

^{2/}: NS no significativo; * significativo, P = 0,1

^{3/}: A domina A₁; C domina A₂; N coinciden.

Así, cada observación que se someta a análisis de regresión se codificará según los valores de: rendimiento observado, E_i correspondiente y D correspondiente.

Por ejemplo, usando los datos de Y ('rendimientos') en la primera (19) y última línea (15) del Cuadro 1, éstos se codifican del siguiente modo:

	Rendimiento	E_i	D_i
Primera línea	19	21,6	1
Última línea	15	17,3	0

Para la primera línea $E_1 = (42 + 66)/(2 + 3)$; promedio general de y para la sub-área S_1 . Con los datos así tabulados, se puede intentar estimar los parámetros de varios modelos linealizables. Entre ellos:

- a) Modelos de comportamiento para la innovación y el comparador por separado.

Los datos que interesan en cada caso están identificados por la variable D . Los modelos pueden ser:

Lineal: $X_{A_j} = a + b E_i$ (usa datos con $D = 1$)

$X_{C_j} = a' + b' E_i$ (usa datos con $D = 0$)

Estos modelos se pueden graficar para estudiar su comportamiento, que también se evalúa con base en los correspondientes valores de R^2 y F para la regresión, además del "t" para los coeficientes b y b' . La relación en respuestas a través de los ambientes (sub-áreas) complementa lo visto en la sección anterior.

No lineal: Se pueden intentar cuando hay indicaciones de que las respuestas a través de las áreas no son lineales. Un ejemplo es el cuadrático:

$$X_{A_j} = a + b E_i^2$$

$$X_{C_j} = a' + b' E_i^2$$

El estudio de los datos graficados puede sugerir otros modelos.

- b) Modelos comparativos del comportamiento de la innovación y el comparador a través de los diferentes ambientes.

En este caso sólo se discutirá el modelo más simple.

Lineal: $X_{Rj} = a + bE_i + cD_r$

En este modelo se utilizan todos los datos codificados; X_{Rj} es el rendimiento en la observación, E_i el promedio general para la sub-área (i) y D_r la variable que identifica si el rendimiento es de la innovación ($D_r = 1$) o del comparador ($D_r = 0$).

En este modelo se prueban las hipótesis:

$$b = 0$$

$$c = 0$$

Si los valores de "t" correspondiente sugieren que:

$b \neq 0$, significa que hay una influencia ambiental significativa.

$c \neq 0$, significa que hay una diferencia de comportamiento significativo entre la innovación y el comparador.

Variabilidad a través de las fincas

También es de interés estudiar y explicar el patrón de comportamiento de las tecnologías a través de toda el área, independientemente de su zonificación en sub-áreas homogéneas.

Comportamiento a través de las fincas

En este caso interesa poner en perspectiva qué tecnología domina en cada finca y si lo hace en forma significativa o no. También interesa conocer si el comportamiento de cada tecnología en cada finca está sobre o bajo el promedio correspondiente para toda el área, y si lo hace en forma significativa o no significativa.

Como ilustración se usan los datos del Cuadro 1; con relación a éstos se hacen los cálculos previos y necesarios.

La estimación de varianza combinada, común a todos los casos, es W según el Cuadro 3, la que tiene un valor de 3,77 con nueve grados de libertad, según el Cuadro 4.

Para comparar el rendimiento de la innovación en cualquier finca con su promedio general se requiere; $n_1 = 1$ (una finca), $n_2 = 6$, número de fincas en que se observó la innovación. Luego el error estándar correspondiente es:

$$\sqrt{W[(1 + 6)/(1 \cdot 6)]} = 2,09 \text{ y la DMS para } P = 0,1 \text{ es: } 3,83$$

Para lo mismo, en el comparador: $n_1 = 1$, $n_2 = 9$, luego el error estándar es:

$$\sqrt{W[(1 + 9)/9]} = 2,04 \text{ y la DMS al } 10 \% \text{ es } 3,73.$$

Para la comparación entre las dos tecnologías, en cada finca en que hayan observaciones, $n_1 = 1$, $n_2 = 1$; luego su error estándar es:

$$\sqrt{W[(1 + 1)/1]} = 2,75 \text{ y la DMS al } 10 \% \text{ es } 5,04 \text{ (t para } P = 0,1 \text{ es } 1,833 \text{ para cada 'cola').}$$

$$\bar{X}_A = 18 \text{ cm; } n = 6; \bar{X}_C = 19,11 \text{ para } n = 9.$$

En este caso se está trabajando con datos más desagregados, lo que se puede utilizar para evaluar si las agrupaciones previas (por sub-áreas) se reflejan en la realidad.

Los resultados se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Dominancia y diferencia de cada tecnología por finca respecto a sus promedios generales.

Finca	X_A	Pos. Rel. ^{2/} \bar{X}_A	Sign. ^{3/} Est.	X_C	Pos. Rel. ^{2/} \bar{X}_C	Sign. ^{3/} Est.	Tecn. ^{4/} Dom.	Sign. ^{3/} Est.
1	19	+ (1)	NS	21	+ (1,9)	NS	C (2)	NS
2	m ^{1/}	m	m	23	+ (3,9)	*	m	m
3	23	+ (5)	*	22	+ (2,9)	NS	A (1)	NS
4	m	m	m	18	- (1,1)	NS	m	m
5	17	- (1)	NS	21	+ (1,9)	NS	C (4)	NS
6	15	- (3)	NS	17	- (2,1)	NS	C (2)	NS
7	16	- (2)	NS	16	- (3,1)	NS	O	NS
8	18	O	NS	19	- (0,1)	NS	C (1)	NS
9	m	m	m	15	- (4,1)	*	m	m

1/ m = no existe observación.

2/ + sobre, -bajo, O coincide.

3/ * significativo, $P = 0,1$; ** muy significativo, $P = 0,05$; NS no significativo

4/ A domina X_A ; C domina X_C ; O coinciden.

PASO 2

DEVALUACION DE LOS REQUISITOS EN MATERIA DE RECURSOS Y CAPITAL DE MANEJO



PASO 2: EVALUACION DE LOS REQUISITOS EN MATERIA DE RECURSOS Y CAPACIDAD DE MANEJO

Este paso evalúa la factibilidad económica de la innovación para los agricultores objetivo y en relación con su comparador.

Una tecnología es económicamente factible para un agricultor si él dispone de la cantidad y calidad de recursos que requiere dicha tecnología, en el tiempo, y de la capacidad de manejo necesaria para implementarla adecuadamente. Es precondition que la tecnología sea 'técnicamente factible' en el área.

La definición de la innovación tecnológica propuesta para validación debe especificar los recursos que requiere y su capacidad de manejo en el tiempo.

Supuestamente, el desarrollo de la innovación hasta ese punto, de acuerdo con la metodología recomendada por CATIE, asegura que los requisitos de la innovación estén contenidos en la disponibilidad de recursos y capacidad de manejo de los agricultores para quienes se propone.

Así, el seguimiento de la implementación de la innovación, durante la validación, permitirá:

- Verificar si los requisitos de la innovación son congruentes con las disponibilidades de recursos y capacidad de manejo en la finca, que es lo que se espera.
- Evaluar esos requisitos en relación con los del comparador o con lo deseable en la finca en todo momento.

La 'disponibilidad en la finca' se refiere a la dotación de recursos y capacidad de manejo propio, más el apoyo que se recibe de las instituciones del agro y la infraestructura de producción agrícola en el área. La 'disponibilidad' para la innovación en particular depende también de las otras actividades de la finca y de su importancia, en especial de aquellos que compiten por los mismos recursos.

Análisis y evaluación cronológica

El razonamiento anterior sugiere un análisis y evaluación cronológica de los requisitos observados en la innovación en relación con el comparador.

La variable de comportamiento en cada momento, corresponde entonces al requisito en cantidad de un recurso de calidad determinada en la innovación (X_A) y en el comparador (X_C).

Los 'momentos' para efectuar la evaluación coincidirán con aquellos en que existe una operación, labor o actividad en el sistema focal para el cual se propone la innovación.

Interesan particularmente aquellas operaciones que se producen en momentos críticos para que el sistema cumpla su ciclo agrícola, o por limitaciones o gran actividad general en la finca.

Como base para este análisis y evaluación se sugiere construir un cuadro similar al Cuadro 7. Este presenta las actividades y flujo de mano de obra, insumos, implementos y productos, además del dinero de operación e ingresos en el sistema con la innovación tecnológica y su comparador en cada momento. Este mismo cuadro será básico para las evaluaciones en los próximos pasos; por tal causa, su construcción es recomendable.

El cuadro de actividades y flujos

Un cuadro similar al Nº 7 se puede construir para cada finca colaboradora; de allí se puede obtener luego un cuadro general, mediante cualquier tipo de estratificación de las fincas que se decida.

En cada casilla numérica, los cuadros generales podrán contener el promedio correspondiente y el número de observaciones que lo produjo, además de su desviación estándar muestral. Estos valores son claves para cualquier comparación estadística posterior.

Las 'casillas numéricas' corresponden a la intersección entre las filas; cada una de éstas corresponde, ordenada cronológicamente, a una labor, operación o actividad (Z_i) del sistema, cuyas actividades se describen o cuantifican en las siguientes columnas (de izquierda a derecha en el Cuadro 7).

2. Semana (de la actividad, en el comparador). Localiza, en el tiempo, cuándo se realiza la actividad, mostrando con su rango si existe flexibilidad en tiempo para realizarla o no. En el ejemplo las semanas se numeran en relación con el momento de siembra; podría también hacerse en términos del número que le corresponde a la semana durante el año.
3. Uso de mano de obra (hombre por día por hectárea) para el comparador. Contiene el dato correspondiente.

Cuadro 7. Actividades y flujo de mano de obra y dinero de operación para una hectárea con el sistema de cultivo maíz/sorgo y una alternativa tecnológica en Tejutla, El Salvador.

Actividad Ident.	Uso de mano de obra en Homb-día*				Flujo de dinero para mano de obra		Insumos, implementos y productos			Costos en insumos		Flujo total		Costos		Flujos de ingresos	
	Semana Agric.		Semana Alternat.		Agric.	Alternat.	Descrip.	Cantidad		Agric.	Alternat.	Agric.	Alternat.	Agric.	Alternat.	Agric.	Alternat.
	CA\$ ha ⁻¹	CA\$ ha ⁻¹	CA\$ ha ⁻¹	CA\$ ha ⁻¹	CA\$ ha ⁻¹	CA\$ ha ⁻¹		Agric.	Alternat.	CA\$ ha ⁻¹							
Chapoda y desmonte	-7-(-4)	10	-7-(-4)	10	28,0	28,0	Implemento	--	--	--	--	28,0	28,0				
Quema	-1	1	--	--	2,8	--	Implemento	--	--	--	--	2,8	--				
Carrilado	--	--	-1	1	--	2,8	Implemento	--	--	--	--	--	--			2,8	
Control insectos	--	--	0	1,4	--	3,9	Volatón G	--	40 kg	--	22,2	--	26,1				
Siembra maíz	0	4,0	0	4,0	11,2	11,2	H-3	16 kg	16 kg	11,0	11,0	22,2	22,2				
I Fertiliz.	1	3,0	1	3,0	8,4	8,4	20-20-0	260 kg	195 kg	52,0	39,0	60,4	47,4				
Control insectos	--	--	(2)	(1,4)***	--	(3,9)	Volatón G	--	(40 kg)	--	(22,2)	--	(26,1)				
I Limpia	3	12,0	3	12,0	33,6	33,6	Implemento	--	--	--	--	33,6	33,6				
Siembra maicillo	3-4	3,0	3-4	3,0	8,4	8,4	Criollo	10 kg	10 kg	2,0	2,0	10,4	10,4				
II Ferti- lización	--	--	3-4	3,0	--	8,4	20-20-0	--	195 kg	--	39,0	--	47,4				
II Limpia	6	14,0	6	14,0	39,2	39,2	Implemento	--	--	--	--	39,2	39,2				
II Ferti- lización	6-8	3,0	--	--	8,4	--	Sulf. Amonio	260 kg	--	36,2	--	44,6	--				
III Ferti- lización	--	--	8	3,0	--	8,4	Sulf. Amonio	--	260 kg	--	36,2	--	44,6				
Dobla maíz y limpia sorgo	16-18	14,0	16-18	14,0	39,2	39,2	Implemento	--	--	--	--	39,2	39,2				
IV Ferti- lización	--	--	16-18	3,0	--	8,4	Sulf. Amonio	--	260 kg	--	36,2	--	44,6				
Tapizca maíz	25-28	7,0	25-	9,0	19,6	25,2	[Producto]	[1,75 t]	[3-3,5 t]	--	--	19,6	25,2	[350-371]	[600-700]		
Cosecha maicillo	33-34	<u>13,0</u>	33-34	<u>16,0</u>	<u>36,4</u>	<u>44,8</u>	[Producto]	[1,10 t]	[2,5-3 t]	--	--	<u>36,4</u>	<u>44,8</u>	[182-236]	[413-496]		
		84,0		96,4	235,2	269,9				101,2	185,6	336,4	455,5	[532-607]	[1 013-		
				(1,4)		(3,9)					(22,2)		(26,1)		1 196]		
				97,8		273,8					207,8		481,6				

* Hombre-día (5 horas de trabajo de un hombre)

** CA\$1 = US\$1 (1 peso centroamericano = 1 dólar de EUA), en 1982

*** Números en paréntesis indican que estos costos pertenecen a una práctica opcional.

4. Semana (de la actividad para la innovación). Igual que la columna 2, ahora para la innovación.
5. Uso de mano de obra (hombre por día por hectárea) para la innovación. Contiene el dato correspondiente.
6. Costo de la mano de obra (US\$ ha⁻¹) para el comparador. Evalúa, al precio correspondiente al momento, la mano de obra contabilizada en la columna 3.
7. Costo de la mano de obra (US\$ ha⁻¹) para la innovación. Contiene el valor correspondiente.

Nota: En las columnas 6 y 7, correspondientes al flujo de dinero para mano de obra, se ha puesto primero al comparador; el orden puede invertirse.

8. Descripción (del insumo, implemento o producto). Identifica uno a uno los insumos o implementos que se utilizan en la actividad o los productos y sub-productos resultantes de ella.
9. Agricultor (cantidad). Cuantifica el insumo o uso de implemento o producto resultante de la actividad.
10. Alternativa (cantidad). Igual que en la columna 9, pero para la innovación.
11. Agricultor (costos US\$ ha⁻¹). Evalúa, basándose en los precios correspondientes, los insumos o implementos utilizados.
12. Alternativa (costos US\$ ha⁻¹). Igual que en la columna 11, pero para la innovación.
13. Flujo total de costo, agricultor (US\$ ha⁻¹). Totaliza para el comparador los costos correspondientes a la actividad en las columnas 6 y 11.
14. Flujo de costos para la innovación (US\$ ha⁻¹). Totaliza los costos de las columnas 7 y 12.
15. Flujo de ingresos del agricultor (US\$ ha⁻¹). Totaliza los ingresos correspondientes a la actividad y período, cuando los hay, para el comparador.
16. Flujo de ingresos innovación (US\$ ha⁻¹). Igual que la columna 15, pero para la innovación.

Nota: La columna 1 sirve para identificar las diferentes actividades, ordenadas cronológicamente.

El Cuadro 7 permite obtener la Figura 2 que representa gráficamente el perfil de requerimientos de mano de obra de la innovación y el comparador.

Esta figura es útil para detectar rápidamente momentos críticos que pueden requerir un estudio más cuidadoso basado en el Cuadro 7. Otros perfiles que se pueden dibujar con el mismo propósito, también con base en el Cuadro 7, son:

- Perfil de requerimientos en dinero de operación para compra de insumos.
- Perfil de requerimiento total en dinero de operación.
- Perfil de ingresos.
- Perfil de requerimiento acumulativo de mano de obra en el tiempo.
- Perfil de requerimiento acumulativo en dinero para compra de insumos.
- Perfil de requerimiento total y acumulativo en dinero para operación.
- Perfil acumulativo de ingresos.
- Combinación de perfiles acumulativos de requerimientos totales de dinero de operación e ingresos.

Procedimientos

En el Cuadro 7, cada línea o actividad provee información para confrontar el comportamiento en cuanto a requerimiento (o producción) de la innovación con respecto al comparador. Esta comparación se puede realizar respecto a la mano de obra, uso de insumos e implementos o producción, o al valor monetario.

En general, el análisis, comparación y evaluación para cualquiera de las intersecciones entre actividades y columnas, puede seguir el mismo procedimiento visto para la evaluación biológica en el Paso 1. Ese procedimiento permitirá las comparaciones estadísticas y de variabilidad de las fincas colaboradoras.

Sin embargo, de acuerdo con los propósitos generales del Paso 2, es necesario anteponer, en cada caso, una serie de preguntas que deben responderse con base en la información obtenida durante el seguimiento.

En cada período o actividad seleccionada para análisis y evaluación, según el Cuadro 7, se seguirá el siguiente procedimiento:

1. Identificar la naturaleza del requisito y su medida en la innovación (X_A) en el comparador (X_C), correspondientes a la actividad o período.

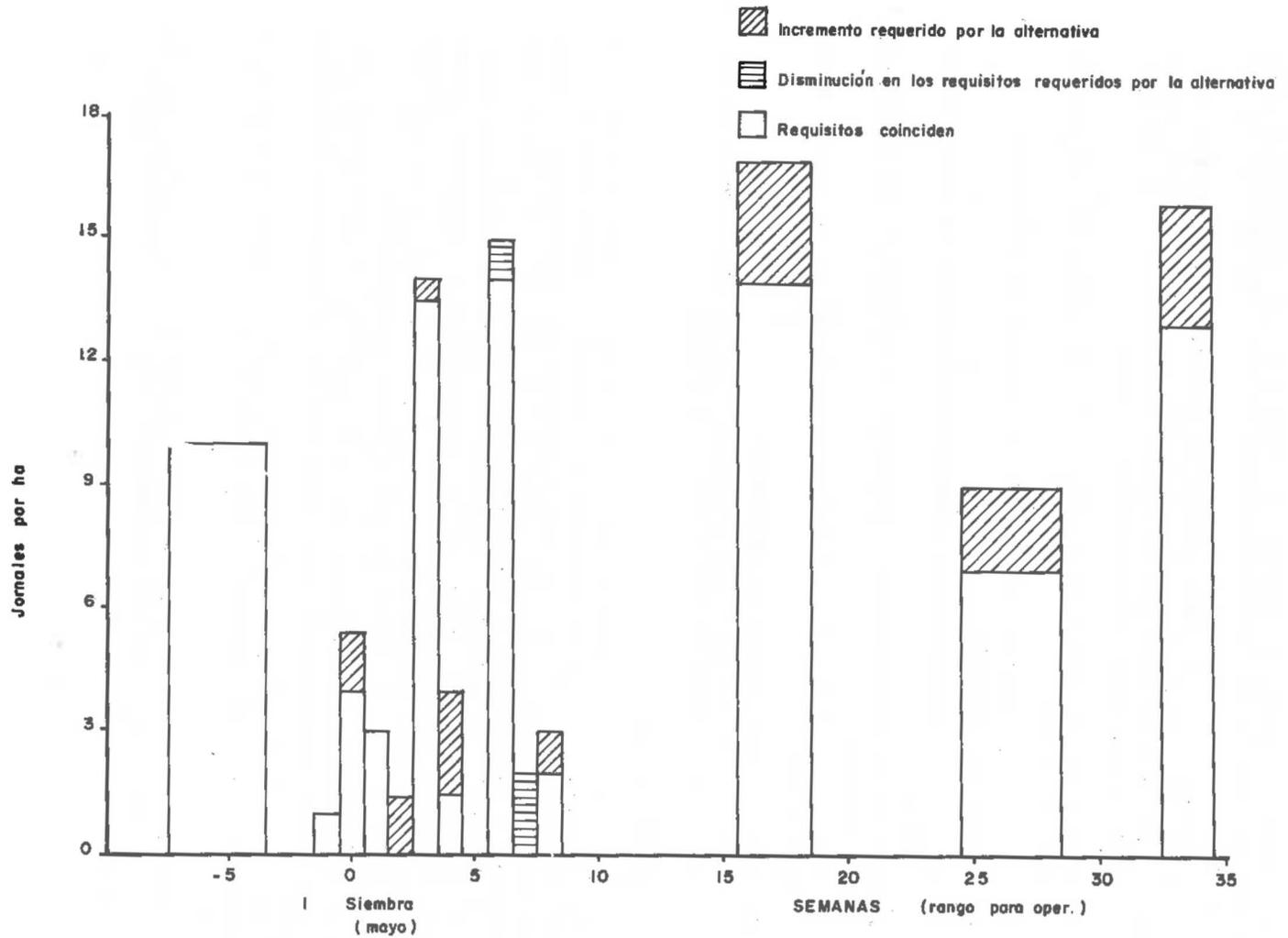


Figura 2. Perfil de uso de mano de obra durante el ciclo del sistema maíz/sorgo y una mejora tecnológica en Tejutla, El Salvador, 1978.

- a. Requisito de mano de obra.
 - b. Requisito de dinero de operación para contratar mano de obra (sobre todo no familiar).
 - c. Requisito por determinado tipo de insumo o implemento (también puede referirse a la producción de determinado producto).
 - d. Requisito en dinero de operación para obtener los insumos o implementos.
 - e. Requisitos en dinero de operación total para mano de obra, insumos e implementos.
 - f. Requisitos en producción de ingreso durante el período.
2. Comparar lo requerido por la innovación (\bar{X}_A), en el grupo de análisis, con el caso del comparador (\bar{X}_C), razonando y concluyendo, en cada caso.

Las situaciones resultantes son:

$\bar{X}_A \leq \bar{X}_C$. En este caso los requisitos por el recurso de la innovación son iguales o menores que los del comparador en uso y que refleja la disponibilidad del recurso en la finca. La innovación es, entonces, económicamente factible. Si $\bar{X}_A < \bar{X}_C$, se puede anticipar la ventaja de usar menos del recurso, excepto en el caso de mano de obra, cuando se busca generar más empleo de igual o mejor calidad que el existente.

$X_A > X_C$. Aquí la innovación requiere más del recurso considerado, que lo requerido por el comparador y que refleja la disponibilidad de ese recurso en la finca. Esta situación puede dar lugar a lo siguiente:

- a. El mayor requerimiento de la innovación ($\bar{X}_A - \bar{X}_C$) está claramente contenido dentro de la disponibilidad de la finca, según la información colectada. Entonces, la innovación es económicamente factible.
- b. No surge claramente de la evidencia que el mayor requerimiento de la innovación ($\bar{X}_A - \bar{X}_C$) esté contenido en lo que dispone la finca. Esto requiere un mayor esfuerzo en buscar información y analizarla para concluir si es una situación como en a ó c.
- c. El mayor requerimiento de la innovación ($\bar{X}_A - \bar{X}_C$) excede claramente lo que dispone (o acepta) la finca, según la evidencia. Entonces, la innovación no es económicamente factible en su diseño actual y frente a las condiciones presentes en la finca. Si no hay ajustes en los requisitos del rubro, por la innova-

ción, o en su disponibilidad para la finca durante el período, la innovación toda no podrá ser adoptada.

Nota: Para los casos en que \bar{X}_A y \bar{X}_C se refieran a producción de determinado producto (c. en 1) o ingreso generado (f. en 1), las situaciones favorables (de factibilidad) o deseables por la finca son: $\bar{X}_A \geq \bar{X}_C$ y $\bar{X}_C - \bar{X}_A$; (la disminución en producción o ingreso) es aceptable dado los requerimientos en la finca cuando $\bar{X}_A \leq \bar{X}_C$. 'No factible', desde este punto de vista, será cuando la diferencia $\bar{X}_C - \bar{X}_A$ es más de lo que la finca puede aceptar dado sus requerimientos en productos o ingresos.

3. Comparar lo requerido en 'capacidad de manejo' para la implementación adecuada de la innovación, según lo esperado y observado durante el período (X_A), con lo 'disponible' en las fincas (X_C). En este caso X_A y X_C no son estrictamente cuantificables, por lo menos no en todos los casos. Razonar y concluir en forma similar a lo discutido en 2. Los 'elementos' a considerar como 'componentes de la capacidad de manejo' incluyen:

- a. Tiempo o mecanismo disponible para que el agricultor organice y proceda a implementar la actividad correspondiente.
- b. Conocimiento técnico y habilidad técnico-manual que requiere la actividad, por su complejidad, inflexibilidad o precisión necesaria, para una ejecución adecuada.
- c. Divisibilidad de la operación a escalas compatibles con las que puede manejar el agricultor y factibilidad para delegar su ejecución.

Nota: Hay que recordar que la 'disponibilidad' debe considerar la posibilidad de entrenamiento o mejoramiento de la capacidad de manejo en la finca, dada la estructura y cobertura institucional en el área. Si se detecta necesidad de un 'esfuerzo para mejorar la capacidad de manejo', sería útil identificar bien en qué aspectos y por qué. Su realización constituye, entonces, un requisito para la posible transferencia de la innovación y aumentará sus costos; por ello debe ser identificada.

Conclusiones

El análisis respecto a la factibilidad económica de una innovación, según se vio, constituye una serie de pruebas. Desde un punto de vista estricto, si la innovación no sale bien evaluada de todas ellas se puede concluir que no es económicamente factible según su diseño actual y dada las condiciones presentes en las fincas objetivo. Con más flexibilidad, se pueden identificar -y también sugerir- formas o líneas de ajuste para la innovación o condiciones de la finca.

Si estas sugerencias son implementadas inmediatamente, transforman la innovación dándole factibilidad económica. Si existen dudas respecto a la implementación o efecto anticipado de los ajustes sugeridos, ellos requerirán investigación.

Observando el gran número de casillas que en el Cuadro 7 se pueden someter a estos análisis y evaluaciones, lo antedicho puede parecer excesivo. Debe recordarse, sin embargo, que en una situación de producción el productor tiene que lidiar realmente con todas esas evaluaciones. La diferencia es que no todas se hacen explícitamente, o se hacen explícitas sólo en momentos críticos o problemáticos. Se propone, por lo tanto, que se haga primero un análisis global superficial (del Cuadro 7, utilizando gráficos como el de la Figura 2), para detectar momentos y circunstancias posiblemente problemáticas, que luego se someten a un estudio más detallado. Puede esperarse, si la metodología ha trabajado bien en sus fases previas, que los 'momentos y situaciones problemáticas', en el sentido que se ha dado en este Capítulo, sean pocos o ninguno.

PASO 3

EVALUACION Y COMPARACIONES DE COSTOS E INGRESOS



PASO 3: EVALUACIONES Y COMPARACIONES DE COSTOS E INGRESOS

Los pasos 1 y 2 permitirán evaluar y comparar la factibilidad técnica y económica de la innovación y del testigo (comparador).

La factibilidad técnica y económica de una tecnología determinada asegura que ésta funciona y puede ser aplicada en un grupo de fincas. Sin embargo, para que se ponga a funcionar (se adopte), como parte de las actividades de esas fincas, es necesario también que la tecnología sea económicamente viable. Una tecnología, y más precisamente un sistema de producción con cierta tecnología, es económicamente viable cuando los retornos económicos totales que proporciona son por lo menos suficientes para compensar adecuadamente los recursos que requiere y utiliza durante su ciclo, permitiéndole mantener su capacidad productiva en el sistema.

Si los retornos no son suficientes para esos fines, los recursos podrán ser utilizados en otros sistemas que los compensan mejor, o no se podrá conservar su capacidad productiva, por lo que se consumirán definitivamente. En ambos casos, el sistema con la tecnología en observación tenderá, naturalmente, a desaparecer.

Retornos económicos y compensación de recursos

Los retornos económicos totales de un sistema productivo constituyen la valoración en términos económicos de su producción biológica. En el mundo monetario de hoy esta valoración se hace basada en la producción y en los precios por unidad del producto, en las condiciones imperantes en el momento del análisis. Se identifican como ingresos brutos.

Del mismo modo, la compensación necesaria de los recursos se valora con base en la cantidad utilizada y en los precios (costos) por unidad del recurso en las condiciones del análisis. Se identifican como costos de producción en efectivo.

La viabilidad económica de un sistema productivo y de una tecnología dada depende, entonces, del balance entre sus ingresos brutos y los costos de producción totales. Este balance se conoce como ingreso neto (IN), que es igual a los ingresos brutos (IB) menos los costos totales (CT). Es decir:

$$IN = IB - CT$$

Esta relación muestra tres posibles variables de comportamiento para evaluar y comparar la innovación con el testigo. Los detalles de la misma relación se presentan, generalmente, en cuadros conocidos como 'tablas de presupuesto', que son herramientas útiles.

Ingreso Bruto (IB)

Es también denominado beneficio bruto. En un análisis por hectárea, el IB es igual a la suma del rendimiento neto por hectárea (número de unidades útiles o comerciales), multiplicado por el valor que tiene la unidad del producto, en las circunstancias del análisis, para todos los productos y subproductos valuables en el sistema.

Por ejemplo, usando los totales de las columnas de ingreso del Cuadro 7 se llega a los resultados contenidos en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Beneficios según Cuadro 7 e información adicional.

Beneficios Brutos	Comparador	Innovación
1. Rendimiento neto de maíz	1,75 t	3,0 t
2. Valor del maíz (precio de campo)	CA\$ 0,17	CA\$ 0,17
3. Beneficio total maíz (de campo) (1x2)	CA\$ 297,5	CA\$ 510,0
4. Rendimiento neto de maicillo	1,1 t	2,5 t
5. Valor del maicillo (de campo)	CA\$ 0,20	CA\$ 0,20
6. Beneficio total maicillo (4 x 5)	CA\$ 220,0	CA\$ 500,0
7. Beneficio total sistema (de campo) (3+6)	CA\$ 517,5	CA\$ 1 010,0

Los cálculos del Cuadro 8 se pueden realizar para cada finca; también es posible agregarlos en cuadros que globalicen lo acontecido en todas las fincas colaboradoras o en grupos diferentes de ellas, para comparación, según la forma de estratificación seleccionada.

Será útil identificar, en los cuadros agregados, el promedio, número de observaciones pertinentes y desviación estándar para cada casilla. Ello permitirá realizar comparaciones estadísticas como las efectuadas en el Paso 1.

Como se verá, lo mismo se podrá hacer para el caso de costos e ingresos netos.

En resumen, según sea el interés de la evaluación o comparación específica, pueden utilizarse como variables de comportamiento para la innovación (X_A) o el comparador (X_C) las líneas 3, 6 y sobre todo la línea 7 en el cuadro de beneficios brutos mostrados.

Conviene insistir finalmente en los siguientes conceptos (para lo mismo puede consultarse Perrin *et al* (1976).

Rendimiento neto: El rendimiento por hectárea en el campo del producto en estudio, menos las pérdidas de cosecha y almacenamiento, cuando éstas sean aplicadas. Sólo lo 'vendible'.

Precio de campo: El valor para el agricultor (a nivel de finca) de una unidad adicional de producto en el campo, antes de la cosecha. Según el agricultor, este precio de campo puede ser igual al precio monetario de campo o al precio de oportunidad de campo.

Precio monetario de campo: Es el precio por unidad al que puede venderse el producto en el mercado, menos los costos no contabilizados todavía y que pueden incluir cosecha, almacenamiento, transporte y comercialización, además de descuentos por calidad. Este precio es relevante para las fincas que venden todo o parte de su producto.

Precio de oportunidad de campo: Es el precio monetario que la familia del agricultor tiene que pagar para adquirir una unidad adicional del producto para su consumo. Es relevante para quienes consumen todo el producto cosechado.

Beneficio bruto de campo: Es el rendimiento neto multiplicado por el precio de campo de todos los productos del sistema. En general, puede incluir beneficios monetarios o beneficios de oportunidad, o ambos.

Costos

Existen varias formas de clasificar y dividir los costos de producción. La que interesa aquí expresa los costos totales (CT) como la suma de los costos variables (CV) y los costos fijos (CF).

Para conceptualizar esta clasificación debe considerarse lo siguiente: A cada decisión de producción corresponde un costo. Si existen varias alternativas para la decisión será conveniente comparar sus costos con el fin de elegir alguna. Estas alternativas de decisión pueden ser los diferentes niveles que se pueden utilizar de un factor productivo; la comparación gráfica de sus costos da lugar a una curva de costos.

Dicha comparación se puede representar como se hace en la Figura 3. En ella se nota que cuando se decide utilizar una unidad del factor, el costo será \$ 2, y \$ 3 si se utilizan dos unidades.

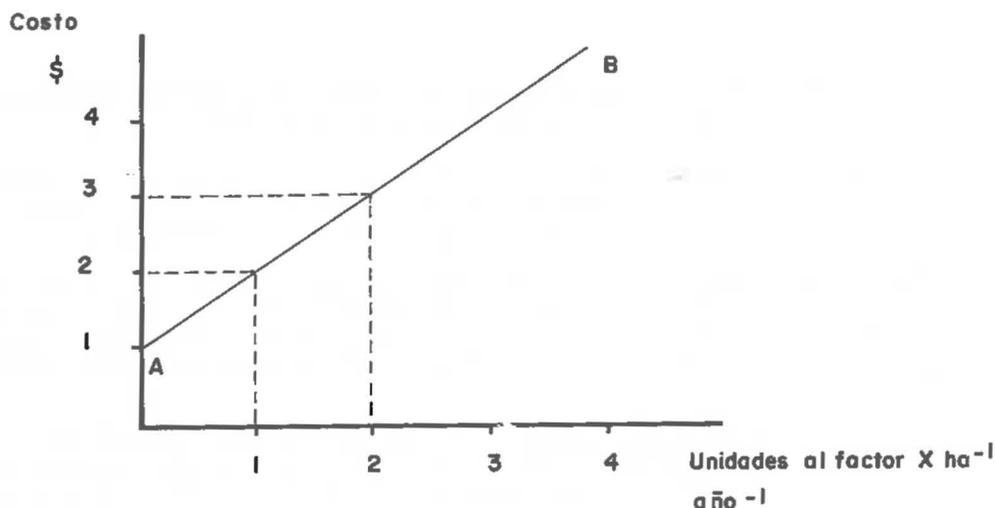


Figura 3. Curva de costo.

Las alternativas pueden ser la innovación o el comparador, como sucede en estos análisis. Lo que interesa, entonces, es comparar sus costos. Según los datos que dieron lugar al Cuadro 7, se tiene:

Costo total de la innovación	CA \$ 599,4
Costo total del comparador	CA \$ 436,8

Si se cuenta con suficientes observaciones para estimar la variabilidad implícita, se podrá evaluar si las diferencias son significativas; en ese sentido, se razonará en forma similar a la desarrollada en el Paso 2.

Considerando lo anterior:

Costos fijos: Son aquellos costos que no cambian a través de las diferentes alternativas de decisión. Ejemplo: el nivel 0_A en la Figura 3.

Costos variables: Son aquellos que cambian (varían) a través de las diferentes alternativas de decisión.

Es preciso advertir aquí que para escoger una de las alternativas bastaría compararlas en términos de sus costos variables. Sin embargo, decidir si esa alternativa escogida se debe utilizar finalmente, hay que cuidar que sus retornos cubran también todos los costos fijos (que sea económicamente viable).

Esto último es algo que debe cuidarse permanentemente durante el trabajo institucional para desarrollar y proponer innovacio-

nes tecnológicas. Hay que evitar la tendencia común de proponer innovaciones que en su evaluación prometen cubrir bien los costos variables sin revisar si también cubren los fijos. Ese error se basa, generalmente, en que los agricultores, aparentemente, no consideran los costos fijos e incluso tampoco la compensación de los recursos variables propios. Ello hace que en casos extremos sólo se consideren gastos en efectivo. Aunque ello puede ser útil con el fin de anticipar el atractivo de una innovación para un agricultor, en consideración a su posible adopción, hay que exigir que la innovación pague todos los costos. Es decir, que provea retornos suficientes para conservar la capacidad productiva de los recursos utilizados, si el agricultor no utiliza esos retornos con esos propósitos es su decisión. Institucionalmente no se puede decidir eso.

Comparación de costos específicos

Los procedimientos de análisis y comparación vistos en los pasos anteriores tienen sentido, entonces, en relación con los costos variables.

En algunos casos el interés puede residir en identificar y contrastar algunos costos específicos entre la innovación y el comparador. Se requerirán diferentes agrupaciones de elementos del Cuadro 7 para comparar sus totales, según cuál sea el interés. Por ejemplo, puede interesar contrastar sólo el costo en fertilizante o el costo en aplicación de fertilizante, etc.

Cualquiera que sean los 'costos' que se quieren contrastar, su obtención requiere manejar los siguientes elementos y conceptos (Perrin, *et al* 1976).

1. Identificación del factor de producción a compensar (mano de obra de determinado tipo, insumo específico o de determinado tipo, tiempo de implemento o maquinaria específica o de determinado tipo, servicio específico o de determinado tipo).
2. Precio de campo (del factor). Es el valor total, o lo que hay que pagar, por llevar una unidad extra del factor al proceso de producción en el campo. Puede ser igual al precio monetario de campo o al precio de oportunidad de campo.

Precio monetario de campo: Se refiere al valor en dinero que incluye su precio en el mercado más costos de transporte y otros gastos necesarios por unidad.

Precio de oportunidad de campo: Es el valor no monetario del factor involucrado, aunque también se expresa en unidades monetarias. Es igual al valor del insumo

en su mejor uso alternativo; lo que sería compensado en ese uso alternativo. Para la mano de obra familiar, el precio de oportunidad podría ser el salario que podría obtener en el mejor empleo disponible y accesible para ello fuera de la finca, o el valor del tiempo si éste se dedicara a otra actividad en la finca o el valor que el trabajador le da al tiempo libre.

3. Costo de campo (del factor): Es el precio de campo de un factor multiplicado por la cantidad del mismo que varía con la decisión. Podría expresarse como costo monetario de campo o costo de oportunidad de campo, o tal vez ambos, dependiendo del factor que se trate.
4. Costo variable total de campo: Es la suma de los costos de campo de todos los factores que son afectados por las alternativas de elección. El costo variable total puede consistir en costos monetarios o costos de oportunidad o ambos.
5. Costo total: Es la suma de los costos variables correspondientes a cada alternativa y los costos fijos comunes a todos.
6. Tabla de presupuesto parcial: Es una tabla en la que se especifican y valoran sólo los factores que son afectados por la decisión de escogencia, en el análisis.
7. Tabla de presupuesto total: Especifica y valora tanto los factores que son diferentes a través de las alternativas de decisión como los que son comunes a todas ellas.

El Cuadro 9 es un presupuesto de los costos correspondientes al sistema analizado en el Cuadro 7.

Margen Bruto (MB) y Beneficio Neto (BN)

El balance entre beneficios y costos da lugar a:

1. Margen bruto (MB), que es el beneficio bruto de campo (BB o IB) menos los costos variables totales (CV).

$$MB = IB - CV$$

2. Beneficio neto (BN o IN) que es el beneficio bruto de campo (BB o IB) menos los costos totales (CT).

$$BN = IB - CT$$

$$BN = IB - (CV + CF)$$

Cuadro 9. Presupuesto de costos en CA\$ ha⁻¹ (basado en el Cuadro 7 e información adicional)

Tipo de costo y factores	Comparador	Innovación
<u>Costos Variables</u>	376,9	513,4
Mano de obra	235,2	269,9
Insumos	101,2	185,6
Insecticidas	0,0	22,2
Fertilizante	88,1	150,4
Semilla ^{1/}	13,0	13,0
Intereses y depreciación	40,4	
<u>Costos fijos</u>	60,0	60,0
<u>Costos totales</u>	436,8	573,4

^{1/} En este caso coinciden, aunque podría ser diferente; por ello es un costo variable.

La viabilidad económica requiere que: $BN \geq 0$, lo que se puede evaluar estadísticamente cuando existen varias observaciones.

Cuadro 10. Resumen de costos y beneficios en CA\$ ha⁻¹ según Cuadro 8 y 9.

Tipo de costo o beneficio	Comparador	Innovación
1) Costo variable	376,8	513,4
2) Costo fijo	60,0	60,0
3) Costo total (1 + 2)	436,8	573,4
4) Beneficio bruto	517,5	1 010,0
5) Margen bruto (4-1)	140,7	496,6
6) Beneficio neto (4-3)	80,7	436,6

Variabilidad y sensibilidad en el comportamiento económico de las tecnologías

El comportamiento económico de una tecnología se refleja, según se discutió, en su ingreso neto (IN) resultante de sus ingresos brutos (IB) menos sus costos totales (CT).

Los valores de cada uno de estos índices, tomados individualmente o agrupados para las fincas colaboradoras, permiten estudiar la variabilidad y patrón de esa variabilidad en comportamiento económico, a través del área, contrastando a la vez la innovación con su comparador. Para ello se puede utilizar un procedimiento similar al visto en el Paso 1.

Sin embargo, la variabilidad en el comportamiento económico a través del área depende de la variabilidad en producción y requisitos de elementos productivos (analizados en el Paso 1 y Paso 2) y también de la variabilidad en los precios de los productos y de los elementos productivos en uso (introducción en Paso 2 y Paso 3). Hay un elemento técnico y un elemento de mercado.

Dada su variabilidad en producción, para una tecnología, su comportamiento económico dependerá y variará también con la variación y relación entre los precios de factores y productos.

Si el año ha sido normal y las fincas colaboradoras muestrean bien la variabilidad ambiental del área, que también puede considerarse como proxy para la variabilidad en el tiempo, se puede esperar que la variabilidad observada en producción durante el estudio se repita en el tiempo.

Sin embargo, en cuanto a la variación observada en los precios y su relación durante el ejercicio, las posibilidades de que se repita son menores, aunque un productor atento a las condiciones de producción y mercado puede anticipar o predecir (con mayor o menor éxito) un cuadro de precios o varios cuadros posibles. El comportamiento económico de cada tecnología y el comportamiento relativo entre las tecnologías alternativas cambia según el cuadro de precios que escoja.

Desde este punto de vista, se prefieren en general las tecnologías cuyo comportamiento económico varía poco o es siempre favorable frente a las diferentes situaciones posibles de precios. Es decir, que se prefieren aquellas que, económicamente son menos sensibles frente a cambios en precios de los elementos del ingreso o del costo.

Sensibilidad económica: Se refiere a la variación que experimenta en su comportamiento económico (IB, CT o IN) una tecnología cuando cambia algún o varios precios de sus elementos de entrada (insumos) o salida (productos).

Como en una determinada situación de decisión se puede predecir situaciones de precios, estos precios previsibles pueden utilizarse para recalcular los cuadros de presupuestos pertinentes, lo que ayuda en la toma de decisiones. En la práctica ello implica 'jugar' con los cálculos vistos en los Cuadros 8, 9 y 10, cambiando diferentes precios en diferentes formas y relaciones.

PASO 4

EVALUACION DE RIESGO



PASO 4: EVALUACION DE RIESGO

En los pasos anteriores se señaló que la utilización de una determinada tecnología presupone que ella es técnica y económicamente factible y que, además, provee un retorno económico neto positivo (es económicamente viable).

Se vio que el retorno económico favorable está sujeto a variaciones tanto en la producción como en los requisitos en recursos productivos, y en los precios de los productos y de los recursos necesarios. Esas variaciones, entonces, imponen una inseguridad para la obtención de un retorno económico positivo en el sistema productivo, lo que se conceptúa como riesgo o, más precisamente, riesgo de pérdida.

La selección o rechazo de un sistema de cultivo con una tecnología dada, para incluirlo en un plan de producción, se facilita al tener una evaluación del riesgo de pérdida implícito. Su estimación debe ser parte de las evaluaciones y comparaciones dentro del proceso de validación, ya que está ligada a la seguridad respecto a la viabilidad económica de la innovación en estudio.

Riesgo e incertidumbre

En el retorno económico de un sistema, riesgo implica que existe la posibilidad de obtener un retorno económico negativo o pérdida económica. Significa, asimismo, que existe la posibilidad de obtener un retorno económicamente positivo. La posibilidad se puede cuantificar en términos de probabilidades. Por ejemplo, la probabilidad o riesgo de 0,1 (10 %) de incurrir en pérdida, en un sistema, puede indicar: a) que se tienen datos estadísticos del uso del sistema en diversos años de los cuales 10 % son fracasos; b) un agricultor sabe por experiencia e intuición que si utiliza el sistema 10 años debe esperar uno malo en el que pierde dinero.

Incetidumbre es desconocimiento, aun de lo que puede pasar. Básicamente significa que no hay experiencia al respecto, y ello dificulta mucho las decisiones. Es la situación que enfrenta un agricultor cuando se le propone una tecnología desconocida; su

reacción normal es de rechazo. El comportamiento es, entonces, similar al que tiene frente a una tecnología de riesgo muy alto o inaceptable.

La tendencia racional es preferir aquellos sistemas con menos incertidumbre y con menos riesgo respecto al beneficio económico.

Medida y comparación del riesgo en la innovación y su comparador

Se vio que el retorno económico de un sistema de producción por unidad de tiempo equivale al valor monetario de los productos obtenidos, menos el valor monetario de los recursos utilizados. Así, hay dos elementos de variabilidad, que a su vez hacen variar el retorno económico del sistema e incluso ocasionan una pérdida. Ellos imponen el riesgo inherente al sistema y son:

1. Variabilidad de los precios, tanto de los productos como de los insumos que son necesarios durante el período.
2. Variabilidad en el rendimiento de los productos con valor de mercado.

Una de las medidas del riesgo de pérdida es la probabilidad de que se incurra en pérdida y otra es el valor monetario de la pérdida probable. El producto de ambas provee la pérdida esperada o valor esperado de la pérdida al utilizar el sistema.

Procedimiento de medida

La fundamentación teórica del procedimiento que a continuación se desarrolla puede verse con más detalle en Zulberti *et al*, 1975.

La probabilidad de pérdida, pérdida probable y pérdida esperada son variables de comportamiento de un sistema, asociadas con el concepto de riesgo. Como tal, esas probabilidades deben ser calculadas independientemente para la innovación y para el comparador, antes de compararlas.

1. Información previa

- a) Para cada uno de los sistemas que se quieran contrastar, se debe contar con n observaciones de ingreso bruto (IB_i) y sus correspondientes datos de costos (C_i). Esto se ha calculado en el Paso 2. Lo conveniente es que n sea un número igual o mayor que 30.
- b) Calcular la diferencia $BN_i = IB_i - C_i$, para cada una de las n observaciones en el sistema.

c) Ordenar los BN_i resultantes, de mayor a menor.

2. Probabilidad de pérdida

a) De los n datos BN_i ordenados, determinar el número r de observaciones en que BN_i es negativo; esto es, casos en que $C_i > IB_i$

b) Calcular la probabilidad de pérdida estimada \hat{p} , donde:

$$\hat{p} = r/n$$

3. Valor de la pérdida probable

a) Calcular el promedio para las r observaciones en que BN_i es negativo, o pérdida probable estimada $\hat{p}p$, donde:

$$\hat{p}p = \frac{\sum_{i=1}^r BN_i}{r} \text{ para los } r \text{ } BN_i < 0$$

4. Valor de la pérdida esperada

Multiplicar la probabilidad de pérdida estimada por la pérdida probable estimada. Ello proporciona la pérdida esperada estimada $\hat{p}e$, donde:

$$\hat{p}e = (r/n) * \left(\frac{\sum_{i=1}^r BN_i}{r} \right)$$

para los casos en que $r \text{ } BN_i < 0$

5. Riesgo de pérdida superior a cierto valor K

En algunos casos de decisión puede aceptarse hasta una pérdida de valor K . En ese caso, interesará conocer el riesgo de incurrir en una pérdida mayor a K . Para los cálculos correspondientes se procede en forma similar a la mostrada empezando desde l.c. En este caso se trabajará con las r observaciones en las que BN_i es algebraicamente menor que K_i esto es, los casos en que $C_i - IB_i > K$.

6. Riesgo de obtener un beneficio inferior a un valor L

En este caso se procede igual que el punto 5, ahora con las r observaciones en que BN_i es inferior al valor L ; esto es, casos en que $IB_i - C < L$. Debe utilizarse cuando, por decisión, se exige seguridad de que se obtendrá al menos un beneficio neto igual a L .

Comparaciones

Una vez calculadas las respectivas probabilidades de pérdida, 'pérdidas probables' y 'pérdidas esperadas', como variables de comportamiento para la innovación y su comparador, interesan ciertos contrastes entre ellos, que se relacionan con las siguientes preguntas:

- a. ¿Cómo se compara la predicción de la probabilidad de pérdida respectiva a distintos niveles de confianza?
- b. ¿Son diferentes las probabilidades de pérdida encontradas en la innovación y el comparador?
- c. ¿Son diferentes sus respectivas pérdidas probables?
- d. ¿Son diferentes sus respectivas pérdidas esperadas?

También puede interesar el análisis de esto a nivel de toda el área y por estrato; por ejemplo, por sub-áreas homogéneas. En lo que sigue solo se discute el análisis general para toda el área.

a. Intervalos de confianza para las probabilidades de pérdida

Al trabajar con proporciones, se acepta que la población muestreada es binomial. Sin embargo, dado un número grande de observaciones, se acepta que el comportamiento de la muestra se aproxima al de aquellas provenientes de una población normal. En tales casos se recomienda, en la práctica lo que se conoce como 'corrección por continuidad' (Snedecor y Cochran, 1967).

Esta aproximación y corrección se utilizarán aquí. Dado el carácter binomial de la distribución de la 'probabilidad de pérdida' r/n , el promedio muestral y error estándar son:

$$\text{Promedio muestral} = \bar{X} = r/n = \hat{p}$$

Esto es, igual a r/n , la estimación \hat{p} de la probabilidad de pérdida en la población.

$$\text{Error estándar} = S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{r(n-r)}{n}} = \hat{p}\hat{q}/n$$

Esto es, igual al producto de la estimación muestral $\hat{p} = r/n$ de la probabilidad de pérdida por la estimación muestral $\hat{q} = (n-r)/n$ de la probabilidad en la que al menos se recuperen los costos, dividido por el número de observaciones en la muestra (varianza de la media muestral en poblaciones binomiales).

Con estos valores, y utilizando la aproximación normal, se puede calcular el valor Z para la muestra:

$$z = \frac{|r/n - p| - 1/2n}{\sqrt{\hat{p}\hat{q}/n}}$$

Donde p es la probabilidad de pérdida en la población y 1/2n es la corrección por continuidad, necesaria para muestras pequeñas (Snedecor y Cochran, 1967).

De esta fórmula se obtiene que el valor p se encuentra con una probabilidad de (1 - α) 100 % entre:

$$r/n - z \sqrt{\hat{p}\hat{q}/n} - 1/2n < p < r/n + z \sqrt{\hat{p}\hat{q}/n} + 1/2n$$

Donde Z es el valor tabulado de la variable $Z \sim N(0,1)$ al nivel de probabilidad α correspondiente. Estos valores, para algunos α escogidos son: (ibid)

α	Z	α	Z
1 %	2,575	30 %	1,036
5 %	1,96	40 %	0,841
10 %	1,645	50 %	0,0
15 %	1,439		
20 %	1,281		

Con esos valores de Z, y los valores \hat{p} y \hat{q} estimados de las respectivas muestras, se pueden calcular, para comparación, los intervalos de confianza, en los que se predice se encontraría la 'probabilidad de pérdida' correspondiente a la innovación y el comparador, para diferentes niveles de confianza.

La comparación se puede hacer gráficamente, como se vio en la Figura 1.

En lugar del valor tabulado Z se puede utilizar, también, el valor tabulado de "t" para (n-1) grados de libertad y el nivel de significación α que se elija. Esto es más recomendable cuando se tienen muestras (n) con menos de 25 observaciones.

El "t" puede ser utilizado, también, para estudiar si la probabilidad de pérdida es diferente de cero o no; esto es, $H_0 : p = 0$. Para ello el valor calculado:

$$t = \frac{r/n - 1/(2n)}{\sqrt{\hat{p}\hat{q}/n}}$$

Se compara con su valor tabulado para (n-1) grados de libertad y el α escogido.

b. Comparación estadística entre las probabilidades de pérdida

Las 'probabilidades de pérdida', de la innovación y del comparador, pueden ser sometidas a comparación estadística, igual que en el caso de las otras variables de comportamiento ya vistas. Sin embargo, existen limitaciones de tipo teórico estadístico. Por lo anterior, se somete a consideración sólo una prueba, basada en la aproximación a la distribución normal. Si existe más interés por estas comparaciones, se puede consultar Snedecor y Cochran, 1967 y Siegel 1956.

La prueba que se discutirá tiene como propósito comparar proporciones en dos muestras independientes.

Cuadro 11. Observaciones de resultados económicos en la innovación y en el comparador, clasificados como pérdidas y no pérdidas (ejemplo hipotético).

	Muestra (1) parcela innovación	Muestra (2) parcela comparador	Total
Pérdidas ($C > IB$)	8	6	14
No pérdidas ($C \leq IB$)	22	28	50
Total	$n_1 = 30$	$n_2 = 34$	64
Proporción de pérdidas	$p_1 = 0,267$	$p_2 = 0,176$	$p = 0,219$

Suponiendo que \hat{p}_1 y \hat{p}_2 son de distribución aproximada normal también se puede suponer lo mismo para $(\hat{p}_1 - \hat{p}_2)$. Estas son suposiciones arriesgadas en casos de muestras pequeñas; se sugieren aquí por lo sencillo de sus cálculos. Hay pruebas más estrictas que pueden consultarse (Snedecor y Cochran, 1967).

Bajo la suposición de normalidad e independencia de las muestras, la varianza de la diferencia es la suma de las respectivas varianzas.

$$V(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) = \sigma^2_{\hat{p}_1} + \sigma^2_{\hat{p}_2} = \frac{p_1 q_1}{n_1} + \frac{p_2 q_2}{n_2}$$

Bajo la hipótesis nula $\hat{p}_1 = \hat{p}_2 = p$ tal que $(\hat{p}_1 - \hat{p}_2)$ tiene una distribución aproximadamente normal con media 0 y error estándar igual a:

$$Se(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) = \sqrt{\frac{pq}{n_1} + \frac{pq}{n_2}}$$

La hipótesis nula no especifica p, requerida en la última fórmula.

Como estimación se utiliza p = 0,219 y q = 0,781 (en el Cuadro 11) obtenidos de la muestra combinada. Con esto puede calcularse el valor de Z.

$$Z = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}{\sqrt{\hat{p}\hat{q} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Según el Cuadro 11:

$$Z_6 = \frac{0,267 - 0,176}{\sqrt{(0,219)(0,781)\left(\frac{1}{30} + \frac{1}{34}\right)}} = \frac{0,091}{0,1036} = 0,87$$

Que según la Tabla de Z (Snedecor y Cochran, 1967), este valor es significativo sólo a una probabilidad $\alpha = 0,384$ (38 %). El valor Z, calculado, también debe corregirse por continuidad. Para hacerlo, se sustrae 1/2 del numerador (8) en la proporción más grande, que en el caso del Cuadro 11 es $\hat{p}_1 = 0,267 = 8/30$ y se agraga 1/2 al numerador (6) de la proporción menor, que en el caso es $\hat{p}_2 = 0,176 = 6/34$. Así, en vez de \hat{p}_1 se utiliza $\hat{p}_1^* = (8 - 1/2)/30 = 0,25$ y por \hat{p}_2 se utiliza $\hat{p}_2^* = (6 + 1/2)/34 = 0,191$. Corrigiendo por continuidad, $Z = 0,57$ que es significativo sólo a $P = 0,5686$ (57 %), considerando los niveles de significación α que comúnmente se eligen p = 0,01, 0,05 y 0,1 respectivamente, los datos del Cuadro 11 no muestran diferencia entre las probabilidades de pérdida en la innovación y el comparador.

Cuando \hat{p}_1 (la probabilidad de pérdida en la innovación) se contrasta con algún valor esperado pd, dado como comparador, el valor de Z se calcula como sigue:

$$Z = \frac{|r/n - pd| - 1/2 n_1}{\sqrt{pd(1 - pd)/n_1}}$$

Donde $p_1 = r/n_1$

n_1 = número de observaciones para la innovación

pd = probabilidad de pérdida dada según expectativas (hipotetizada)

$1/(2n_1)$ = corrección por continuidad

$|r/n - pd|$ = implica que se utiliza el valor absoluto

La prueba de "t" también puede ser utilizada en estas comparaciones, especialmente cuando se tienen muestras pequeñas.

Para el caso de contrastes entre p_1 con p_2 provenientes de n_1 y n_2 observaciones, respectivamente, se calcula:

$$t = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}{\sqrt{\frac{\hat{p}_1 (1 - \hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2 (1 - \hat{p}_2)}{n_2}}}$$

Valor que se contrasta con el t tabulado para el nivel α de significación que se elija y los siguientes grados de libertad (Li, J. 1966):

$$g.l. = \frac{\frac{\hat{p}_1 (1 - \hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2 (1 - \hat{p}_2)}{n_2}}{\frac{[\hat{p}_1 (1 - \hat{p}_1)]^2}{n_1} + \frac{[\hat{p}_2 (1 - \hat{p}_2)]^2}{n_2}}$$

Cuando g.l. no es un número exacto hay que redondear. Estos grados de libertad y la fórmula "t" utilizada son útiles cuando se tienen muestras n_1 y n_2 independientes y de poblaciones no necesariamente de igual varianza. Adviértase que p_1 y p_2 han sido 'corregidas por continuidad'.

Cuando se tienen muestras independientes pero de poblaciones con igual varianza

$$t = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}{\sqrt{\frac{(n_2 - 1) \hat{p}_1 (1 - \hat{p}_1) + (n_1 - 1) \hat{p}_2 (1 - \hat{p}_2)}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Valor que se contrasta con el t tabulado para $(n_1 + n_2 - 2)$ grados de libertad y el nivel de significación α elegido. Cuando $p_1 = r/n_1$ proveniente de n_1 observaciones en la innovación, se quiere comparar con un valor esperado pd se calcula

$$t = \frac{r/n_1 - pd - 1/2n_1}{\frac{(r/n_1) (1 - r/n_1)}{n_1}}$$

Valor que se contrasta con el t tabulado para $(n_1 - 1)$ grados de libertad y el nivel de significación α que se elija.

c. Comparación estadística entre pérdidas probables

En este caso se utiliza la prueba de "t" para contrastar la pérdida probable en la innovación (\overline{pp}_A) con la pérdida probable en el comparador (\overline{pp}_C).

$$\overline{pp}_A = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} (C_i - IB_i)}{n_A}$$

Para los n_A casos en que la innovación presentó $C_i > IB_i$.

$$S_{ppA}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} [(C_i - IB_i) - \overline{pp}_A]^2}{(n_A - 1)}$$

$$\overline{pp}_C = \frac{\sum_{j=1}^{n_C} (C_j - IB_j)}{n_C}$$

Para los n_C casos en que el comparador presentó $C_j > IB_j$

$$S_{ppC}^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_C} [(C_j - IB_j) - \overline{pp}_C]^2}{(n_C - 1)}$$

Con estos valores se puede calcular el "t" para muestras independientes y no necesariamente de poblaciones con igual varianza.

$$t = \frac{\overline{pp}_A - \overline{pp}_C}{\sqrt{\frac{S_{ppA}^2}{n_A} + \frac{S_{ppC}^2}{n_C}}}$$

Este se compara con el correspondiente valor tabulado para "t" al nivel de significación α que se haya seleccionado. Si "t" es significativo, la diferencia en pérdidas probables es importante, estadísticamente.

Los grados de libertad para el "t" son (Li, j, 1966):

$$g.l. = \frac{\frac{(S_{ppA}^2 + S_{ppC}^2)}{\frac{n_A}{(S_{ppA}^2)^2} + \frac{n_C}{(S_{ppC}^2)^2}}}{\frac{n_A}{n_A - 1} + \frac{n_C}{n_C - 1}}$$

Cuando g.l. no es un número entero hay que redondear. Cuando la suposición de que las varianzas para las observaciones en la innovación y del comparador son iguales, el "t" es como sigue:

$$t = \frac{\overline{pp}_A - \overline{pp}_C}{\sqrt{\frac{(n-1)S^2_{ppA} + (n-1)S^2_{ppC}}{n_A + n_C - 2} \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_C} \right)}}$$

Para $(n_A + n_C - 2)$ grados de libertad.

Cuando pp_C es dado como un valor de comparación fijo:

$$t = \frac{\overline{pp}_A - \overline{pp}_C}{\sqrt{\frac{S^2_{ppA}}{n_A}}}$$

Para $n_A - 1$ grados de libertad.

d. Comparación estadística entre pérdidas esperadas

La 'pérdida esperada' (pe) fue definida como el producto de la 'probabilidad de pérdida' (p) por la 'pérdida probable' (pp).

$$pe = p \cdot pp$$

Para la muestra de n_A observaciones en la innovación se tiene que:

$$\overline{pe}_A = \hat{p}_A \cdot \overline{pp}_A$$

Y su varianza muestral:

$$S^2_{peA} = \hat{p}_A^2 S^2_{ppA}$$

Cuyos valores ya fueron calculados según indicación de secciones previas. De igual forma, para las n_C observaciones del comparador, se tiene que:

$$\overline{pe}_C = \hat{p}_C \cdot \overline{pp}_C \quad \text{y} \\ S^2_{peC} = \hat{p}_C^2 S^2_{ppC}$$

Con estos valores se puede calcular el "t" que permite estudiar si pe_A y pe_C son diferentes estadísticamente, para un nivel de significación α seleccionado.

$$t = \frac{\overline{pe}_A - \overline{pe}_C}{\sqrt{\frac{\hat{p}_A^2 s^2_{pp_A}}{n_A} + \frac{\hat{p}_C^2 s^2_{pp_C}}{n_C}}}$$

Con los siguientes grados de libertad:

$$g.l. = \frac{\frac{\hat{p}_A^2 s^2_{pp_A}}{n_A} + \frac{\hat{p}_C^2 s^2_{pp_C}}{n_C}}{\frac{(\hat{p}_A^2 s^2_{pp_A})^2}{n_A - 1} + \frac{(\hat{p}_C^2 s^2_{pp_C})^2}{n_C - 1}}$$

Cuando se puede suponer que las varianzas para las observaciones en la innovación y aquellas para las observaciones en el comparador son iguales, el "t" es como sigue:

$$t = \frac{\overline{pe}_A - \overline{pe}_C}{\sqrt{\frac{(n_C - 1) \hat{p}_A^2 s^2_{pp_A} + (n_A - 1) \hat{p}_C^2 s^2_{pp_C}}{n_A + n_C - 2} \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_C} \right)}}$$

Para $n_A + n_C - 2$ grados de libertad.

Cuando \overline{pe}_C es dado, como un valor de comparación fijo:

$$t = \frac{\overline{pe}_A - \overline{pe}_C}{\sqrt{\frac{\hat{p}_A^2 s^2_{pp_A}}{n_A}}}$$

Para $(n_A - 1)$ grados de libertad.

Existe una forma alternativa para estimar la 'pérdida esperada' y la 'probabilidad de pérdida' asociada, en un sistema de producción respecto al cual se tienen varias observaciones. Se basa en la suposición de que la siguiente variable (Q), observable empíricamente, tiene una distribución normal:

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n p_i Y_i}{\sum_{i=1}^n p_i} \sim N(\mu, \sigma^2)$$

Donde Y_i es el rendimiento por hectárea de cada uno de los n posible cultivos o productos del sistema y p_i su precio de mercado respectivo.

Nótese que cuando $n = 1$, existe un solo cultivo en el sistema, $Q = Y$, que es lo esperado. Para utilizar Q como índice de 'rendimiento', se utiliza

$$D = \sum_{i=1}^n p_i \text{ como índice de 'precio'. Luego:}$$

$$D \times Q = \sum_{i=1}^n p_i \times \frac{\sum_{i=1}^n p_i Y_i}{\sum_{i=1}^n p_i} = \sum_{i=1}^n p_i Y_i = IB$$

Que es el ingreso bruto (IB) correspondiente. A estas variables se agregan las de costos variables (V) por 'unidad' de Q y costos fijos totales (F). Con ellos la pérdida esperada $E(P)$, teóricamente sería:

$$E(P) = E(Q) \times [E(D) - E(V)] - E(F)$$

Los detalles teóricos y una forma de cálculo, mediante computador, se presentan en el Anexo I.

En todos los casos discutidos, se han considerado todos los costos de producción. En algunas situaciones solo puede interesar la consideración de costos variables, costos en efectivo u otra porción seleccionada de los costos de producción.

Otras formas de considerar el riesgo implícito en la innovación

En general el tratamiento del 'riesgo' en evaluaciones de sistemas de producción se considera complicado, o al menos tedioso. Por tal causa, la literatura muestra otras formas más simples para 'manejarlo'.

Prima por riesgo

Consiste en agregar una 'prima por riesgo' a los costos de producción, para observar y esperar que los resultados también la cubran, antes de recomendar una tecnología.

Lo más común es añadir como 'prima de riesgo' un porcentaje, entre otros, 20 por ciento (Perrín *et al* 1976), a los costos directos y conocidos del capital utilizado por la tecnología; considerado como el factor más crítico a nivel del agricultor. Cuando no se conocen los costos del capital, o cuando los agricultores utilizan sólo capital propio, se estima el costo de

oportunidad para el capital utilizado. Luego se considera que la tecnología debería rendir al menos ese costo de oportunidad antes de recomendarla. En general, el costo de oportunidad del capital se estima en aproximadamente 40 por ciento. En casos de condiciones extremas -agricultores de subsistencia en regiones con alta variabilidad en rendimiento- se han llegado a considerar cifras de 50 por ciento, e incluso de 100 por ciento.

De la misma forma se procede cuando se propone una tecnología para reemplazar a otra, a la cual supera pero que también requiere más inversión. En general, la innovación no debería recomendarse cuando no existe expectativas de que el retorno sobre la inversión adicional necesaria sea al menos igual al costo de oportunidad de ese capital adicional o el costo directo del capital, más una 'prima de riesgo' apropiada.

En otros casos, con similar razonamiento, se compara la innovación con la tecnología a reemplazar, en términos de retornos en dos años, pero suponiendo que se fracasase totalmente en la innovación durante el segundo año.

Análisis de retorno mínimo

Se utiliza para analizar y comparar el riesgo de 'desastre' o pérdida entre las tecnologías en observación. Para efectuarlo, se toma de cada tecnología el 25 por ciento u otro porcentaje de los datos que corresponden a los peores resultados (beneficios netos) respectivamente. Una comparación de estos peores resultados dará idea del riesgo relativo en cada tecnología (tratamiento).

Si la práctica propuesta parece ser un poco más riesgosa que el comparador, se puede confiar más respecto a su posible recomendación. En cambio, si ofrece resultados 'peores' que el resultado más pobre de su comparador, habrá que poner más cuidado; por ejemplo, utilizar un costo de oportunidad del capital mayor que el 40 por ciento, esto es, 'primas de riesgo' tan altas como se estime necesario.

Este análisis, llamado de retorno mínimo, requiere al menos 5 ó 6 observaciones por tecnología. También hay que considerar los resultados de todos los sitios experimentales (o de validación o demostración), es decir, de los agronómicamente exitosos pero también de los agronómicamente no exitosos. Lo anterior requiere observar cuidadosamente, porque se abandonan algunos sitios para identificar aquellos que deben considerarse como un resultado técnico agronómico válido, aunque sean un fracaso.

En general, se recomienda comparar los peores resultados de cada tecnología pero también el promedio del 25 por ciento de los peores resultados de cada una, porque el peor caso puede serlo sólo por azar. Otra forma de análisis de retorno mínimo fue dada antes, como el cálculo de la expectativa de pérdida y su probabilidad.

Otras formas

Otras maneras más sencillas de considerar el aspecto riesgo, en la evaluación de tecnologías, incluyen su comparación en cuanto al retorno sobre el factor más limitante o crítico. De hecho, lo visto anteriormente consideraba como crítico al capital. El cálculo de retorno a los factores será tratado en el próximo paso.

En este caso, las tecnologías se comparan generalmente en términos del porcentaje de observaciones en que la tecnología de interés supera a su comparador en cuanto al retorno por unidad del factor crítico y porcentaje de observaciones en que es peor. El factor puede ser capital (ya visto), mano de obra, tierra. Incluso se han considerado retornos por detalles como milímetros de lluvia caída durante el período, o jornales disponibles durante un período crítico en el año.

Otras ideas al respecto sugieren comparar el porcentaje de observación que cubren costos en efectivo, u otras porciones de costos que interesen. Finalmente, se pueden comparar las varianzas en retorno por unidad del factor crítico entre la tecnología propuesta y su comparador. Lo que se busca es que la varianza en el caso de la tecnología propuesta sea menor.

En general, todas las propuestas, con mayor o menor rigurosidad, pretenden estimar, tener una idea para comparar los valores respecto a la probabilidad de pérdida y cuantía de la pérdida probable entre las tecnologías en confrontación. Es decir, considerar el riesgo implícito en una tecnología como proporcional a la probabilidad de que esa tecnología produzca una pérdida (desastre) y la cuantía de la pérdida probable. Esto se logra mejor con un mayor número de observaciones, lo que permite también un mayor rigor en el análisis.

PASO 5

EVALUACION DE LA EFICIENCIA Y RETORNO EN EL USO DE LOS RECURSOS



PASO 5: EVALUACION DE LA EFICIENCIA Y RETORNO EN EL USO DE LOS RECURSOS

Eficiencia, en su acepción técnica, se refiere a la relación o razón entre producto y recursos empleados en su obtención. Así, un proceso A será más eficiente que uno B, si produce cada unidad de un producto P con menos recursos R que los requeridos por B. También, cuando con una cantidad dada de recursos R, puede producir más de P, que lo que puede producir B con la misma cantidad de R.

Eficiencia, en su acepción económica, también es una relación entre productos obtenidos y recursos empleados. La diferencia reside en que tanto los productos como los recursos deben ser valorados en términos de precios de mercado o de oportunidad. Así, un proceso puede ser técnicamente eficiente porque emplee la menor cantidad de recursos posibles en la elaboración de un producto, pero económicamente ineficiente porque el valor del producto elaborado sea inferior al de los elementos empleados en su fabricación. Así, también, un proceso A puede ser técnicamente más eficiente que uno B, en cualquiera de las dos formas vistas antes, pero será económicamente menos eficiente que B si en el primer caso lo que se paga por los recursos R es más, o si lo que recibe por P, en el segundo caso, es menor que en B. Los índices de eficiencia económica permiten comparar procesos que producen distintos tipos y mezclas de producto con diferente tipos y mezclas de recursos. La eficiencia económica lleva implícita, entonces, la eficiencia técnica del proceso y la 'eficiencia de mercado' reflejada en los precios de los productos y recursos en utilización.

Relaciones entre beneficios y costos

Entre las variables de comportamiento más comunes relacionadas con la eficiencia económica de una empresa están las relaciones entre beneficios y costos.

Relación beneficios totales costos totales

Esta relación se calcula simplemente dividiendo el beneficio total o ingreso bruto producido por una empresa o ciclo de un sistema productivo, por los costos totales. Por ejemplo:

$$B/C = IB/CT = \$ 691/\$ 435 = 1,59$$

Estará indicando que por cada \$ 1 incurrido en costos totales, se producen \$ 1,59. Esto es un retorno neto de $(1,59 - 1) 100 = 59$ por ciento.

Nótese que si $B/C < 1$ implica que $C > B$, por lo tanto no es una situación económicamente eficiente. Antes, a esta situación se la denominó también económicamente no viable.

La relación B/C puede ser calculada para cada una de las observaciones de la innovación y su comparador en la validación. Luego, los promedios muestrales pueden ser sometidos a los contrastes y estudio de patrones de variación a través del área, en la forma discutida para otras variables de comportamiento en secciones anteriores. Lo mismo puede hacerse para los índices de eficiencia que se discuten a continuación.

Relación costos totales beneficios totales

Esta variable de comportamiento, preferida por muchos, es el inverso de la vista anteriormente. Para el ejemplo, sería:

$$C/B = CT/IB = \$ 435/\$ 691 = 0,63$$

Ella indica que para producir \$ 1 se requiere incurrir en un costo de \$ 0,63. Esto es, $[(1-0,63)/0,63]100 = 59$ por ciento de retorno neto; o en un costo del $(0,63)100 = 63$ por ciento.

Nótese que, en este caso, para tener una situación económicamente eficiente C/B debe ser menor que 1.

Relación entre otros beneficios y costos de producción

Según las condiciones de análisis, puede suceder que el interés esté en relacionar otros beneficios con costos y con base en las razones B/C y C/B vistas.

Entre las situaciones más comunes están el ingreso neto, el ingreso familiar y el margen bruto.

En estos casos:

$$\text{Ingreso neto} = IN = IB - CT$$

Donde IB es el ingreso bruto o total y CT son los costos totales.

$$\text{Ingreso familiar} = IF = IB - CO$$

Donde CO, son los costos de operación en insumos y servicios de mano de obra u otros bajo contrato. No incluye el pago a la

mano de obra familiar ni a otros recursos propios. IF es lo que queda del IB como compensación a la familia y los recursos propios empleados.

De los datos obtenidos en pasos anteriores, el IF sería:

$$IF = IB - CT + CMOF + CF$$

Donde CMOF sería el costo atribuido a la mano de obra familiar dentro de CT; CF son los costos fijos.

Otro beneficio que se especifica para evaluación es el margen bruto.

$$\text{Margen bruto} = MB = IB - CV$$

Donde CV son los costos variables, o asociados con el nivel de actividad por hectárea, sin considerar la compensación a la tierra ni la infraestructura que en ella exista; pero sí se considera la compensación, aunque sea imputada, de la mano de obra familiar. Luego:

$$CV = CT - CF$$

Para los casos de IF y MB, los costos también deben ser ajustados al calcular las razones B/C y C/B. Para IF, los costos correspondientes son:

$$C = CT - CMOF - CF$$

Para MB, los costos correspondientes son: $C = CT - CF$

En relación con la eficiencia y con la razón B/C, está también el cálculo de la cantidad física de producto que se produce con \$ 1 de costo, o con alguna cantidad mayor y dada de costo, lo que también sirve para comparaciones. Esta es la razón producción física total/CT. En caso de multicultivo existe problema para expresar el 'producto'.

De igual forma, y relacionado con la razón C/B, está la razón CT/producción total, que expresa el costo por 'unidad' de producto.

Siempre hay que asegurarse de que los beneficios superen a los costos.

Retorno a los factores o componentes del costo de producción

De la misma forma que importa poner atención a determinado tipo de beneficio, interesará, en otros casos, centrar la atención en determinado componente de los costos. Al hacerlo, será también necesario ajustar el beneficio para que corresponda, antes de calcular las relaciones B/C.

Lo que se quiere, en realidad, es determinar el beneficio que puede ser atribuido al componente del costo que interesa. Esto es, el beneficio que teóricamente no se produciría si no se incluyera ese componente de costo. Luego, al dividir el retorno específico para el componente del costo que interesa, por

la magnitud de ese componente de costo, se obtiene el retorno por unidad del componente de costo que resulta de la empresa en estudio. Una explicación más precisa de esto requiere consideraciones teóricas que no se discuten aquí. Sin embargo, existen algunas fórmulas que se utilizan como aproximaciones aceptables para cálculos empíricos.

En cada caso se obtiene una variable de comportamiento respecto a la cual se puede, otra vez, confrontar la innovación y su comparador.

Hasta ahora se han dado varias posibilidades de comparación; el análisis deberá decidir cuáles corresponden mejor a su trabajo específico en cada caso.

Retribución neta al capital efectivo en insumos (RNCI)

$$\text{RNCI} = \frac{\text{IB} - \text{CF} - \text{CMO} - \text{CI}}{\text{CI}}$$

Donde CI = Costos efectivos de insumos

CMO = Costos de mano de obra total

IB y CF = Como se definió antes.

El beneficio neto o retorno neto atribuible a ese costo es $\text{IB} - \text{CF} - \text{CMO}$, a lo cual también se le resta CI para dejarlo neto de todo costo.

Para ejemplo, considérese un caso donde:

$\text{IB} = \$ 691 \text{ ha}^{-1}$; $\text{CF} = \$ 90 \text{ ha}^{-1}$; $\text{CMO} = \$ 235 \text{ ha}^{-1}$; $\text{CE} = \$ 100 \text{ ha}^{-1}$

$$\text{RNCI} = \frac{691 - 90 - 235 - 100}{100} = \frac{266}{100} = 2,66$$

Esto indica que por cada \$ 1 gastado en insumo se tiene un retorno neto de \$ 2,66, lo que significa un 266 por ciento. Si se acepta que el costo de oportunidad de ese capital, para el período, es 40 por ciento, como se sugirió antes, el RNCI en este caso es muy favorable. Si el RNCI fuera inferior al 40 por ciento, sería económicamente ineficiente.

Hay que notar, sin embargo, que en forma estricta el retorno especificado es sobre el CI y todos los otros componentes de costo que no han sido deducidos como, por ejemplo, administración.

El capital en efectivo para insumos, o para operación en general, es uno de los más limitantes en agricultura y por lo tanto un factor que se querrá utilizar con máxima eficiencia.

Retribución a la mano de obra (RMO)

$$\text{RMO} = \frac{\text{IB} - \text{CF} - \text{CI}}{\text{NJ}}$$

Donde NJ es el número de jornales empleados en el proceso. Para el ejemplo NJ = 84 por hectárea. Luego:

$$RMO = \frac{\$ 691 - \$ 90 - \$ 100}{84 J} = \$ 5,96 J^{-1}$$

Lo que indica un retorno de la actividad de \$ 5,96 por jornal empleado. Este valor debe ser contrastado con el precio de mercado, o de oportunidad, del jornal, y debería superarlo. Cuando el RMO es inferior al precio de comparación para el jornal, indicará que esa mano de obra estaría siendo mejor retribuida en otras actividades. En otras palabras, su ubicación y uso en la actividad de análisis sería ineficiente. En el ejemplo, considerando que en el área de estudio el jornal es de \$ 4, su uso en el sistema en estudio es eficiente. Mano de obra es otro factor productivo que puede ser limitante en una situación dada.

Retribución a la tierra (RT)

$$RT = \frac{IB - CMO - CI}{T}$$

Como los datos anteriores, son por hectárea

$$RT = \frac{\$ 691 - \$ 235 - \$ 100}{1 ha} = \$ 356 ha^{-1}$$

Comparando estos \$ 356 con el costo de arrendar una hectárea (\$ 80 por el período), su utilización en la actividad es eficiente.

Retorno neto sobre la inversión adicional (RNIA)

En el caso de IB/CT, IN/CT e incluso en el RNCI, se obtuvieron retornos totales y netos sobre la inversión total y la inversión en insumos, respectivamente. Cada uno se puede calcular para cada observación de la innovación y del comparador, y luego contrastarlos estadísticamente.

Existe otro índice de retorno y eficiencia que permite un contraste directo entre la innovación y su comparador; es el retorno neto sobre la inversión adicional, necesaria en la innovación respecto al comparador. Esta tasa de retorno se conoce también como 'tasa marginal de retorno' (TMR), que se obtendría al usar la innovación y no el comparador.

$$RNIA = TMR = \frac{\text{Beneficio neto marginal}}{\text{Costo marginal}} = \frac{BNM}{CM}$$

Donde:

BNM = Beneficio neto marginal = Beneficio neto de la innova-

ción - Beneficio neto en el comparador; esto es, aumento en beneficio neto.

CM = Costo marginal = Costo en la innovación - Costo en el comparador; esto es, aumento en costo o inversión adicional necesaria.

Para el ejemplo en desarrollo, se tiene:

$$\text{BNM} = \$ 596 - \$ 254 = \$ 342$$

$$\text{CM} = \$ 599 - \$ 437 = \$ 162 \quad \text{Luego:}$$

$$\text{RNIA} = \text{TMR} = \$ 342/\$162 = 2,11$$

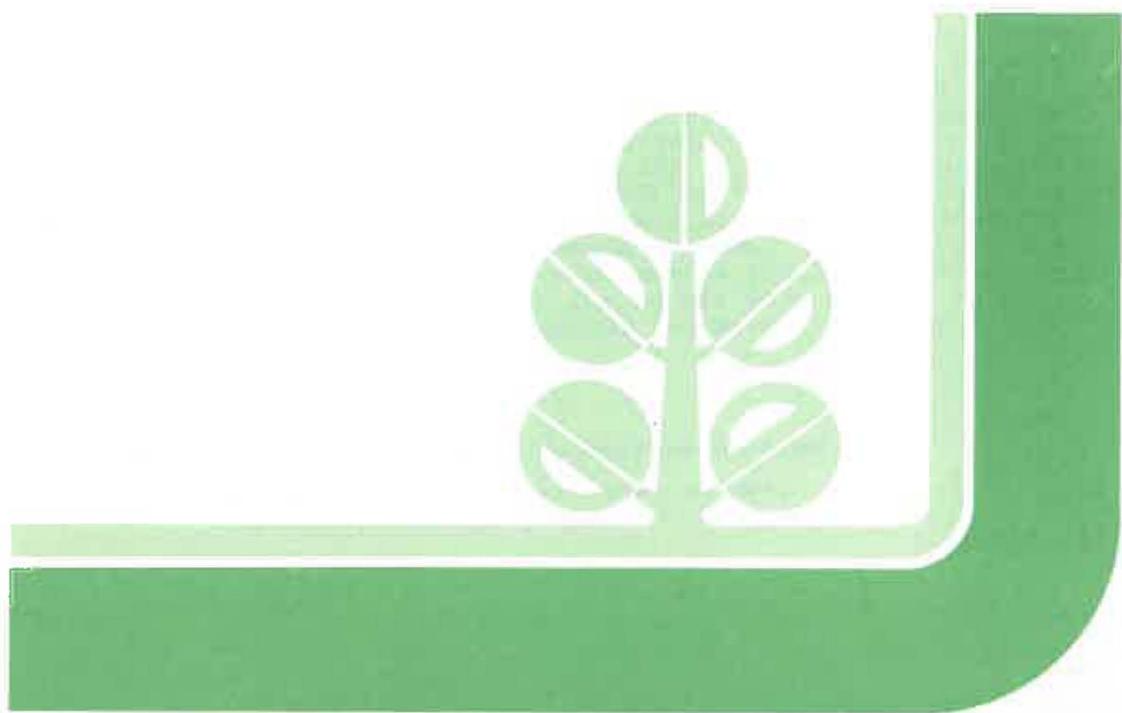
Lo cual sugiere que por cada \$ 1 adicional de inversión que requiere la innovación respecto a lo que requiere el comparador, retribuye \$ 2,11 neto; esto es, una tasa de 211 por ciento. Esta tasa luce muy bien con costos de oportunidad del capital, incluso del 40 por ciento o más.

Se recuerda que en cada uno de los casos de retornos, sobre factores o componentes específicos de costo, el retorno neto debe ser al menos igual al costo de oportunidad del factor. En todo otro caso su utilización sería más eficiente en actividades alternativas.

La TMR o RNIA es bastante útil cuando se tienen más de dos tecnologías en comparación y asociada con la curva u ordenamiento de ellas en el plano $Y = \text{IN}$ y $X = \text{CT}$. Lo básico en su uso es identificar y trabajar con las tecnologías dominantes; las que producen un mayor IN dado un mismo CT (Perrin, *et al*, 1976).

En los índices vistos hasta ahora se evalúa la eficiencia y retorno en el uso de factores individuales o en su conjunto. Existen otros procedimientos que permiten observar más detalles; como muestra se provee el Apéndice, que fue extractado de la tesis de M.Sc. de Róger Meneses (1980).

APENDICE



APENDICE*

La evaluación agronómica de los sistemas de producción de cultivos desde el punto de vista del rendimiento relativo de cada uno de los componentes (RRT), no siempre lleva a la elección del sistema más eficiente en el uso de los recursos disponibles. Por ello es necesaria una evaluación de la eficiencia con que se emplean estos recursos, considerando las circunstancias en que se puede encontrar un agricultor al tomar una decisión de elección.

El análisis de la retribución a los factores de la producción genera asimismo información útil para identificar alternativas con mayor posibilidad de ser aceptadas y adoptadas por los agricultores bajo determinadas condiciones.

Existen varios índices y modelos para la evaluación de los sistemas desde un punto de vista económico específico.

El ingreso neto por hectárea (IN), que es la diferencia entre el ingreso bruto y el costo total por hectárea, es el más usado cuando lo que interesa conocer es el beneficio neto que el agricultor va a recibir por la utilización de todos sus recursos expresados por unidad de tierra. De acuerdo con este criterio, el tratamiento D2, FB (Cuadro 12) que identifica a la asociación de yuca con dos plantas por metro cuadrado, en el nivel bajo de fertilización, es el que alcanzó el mayor IN por hectárea $\text{Q} 7\ 193^{**}$. Le siguen la asociación con una planta por metro cuadrado con baja fertilización ($\text{Q} 5\ 295\ \text{ha}^{-1}$) y el monocultivo de yuca con alta fertilización ($\text{Q} 4\ 698\ \text{ha}^{-1}$). En términos económicos, el ordenamiento por ingreso neto apunta a los tratamientos que permitirían una máxima ganancia neta. Sin embargo, los tratamientos seleccionados no necesariamente son los más eficientes en el uso de los recursos ni los de más bajo costo. Algunas veces la consideración de eficiencia puede ser más importante que el ingreso neto.

* Extractado de la tesis de M.Sc. de Róger Meneses (1980).

** 1 US dólar = $\text{Q} 8,54$ colones costarricenses en 1979.

En el proceso de producción, el agricultor no siempre cuenta con todos los recursos necesarios. La escasez en los recursos tierra, mano de obra y capital efectivo son, por lo general, los más corrientes. Por lo anterior, resulta importante evaluar la eficiencia con que estos se emplean. Estas evaluaciones más específicas y bajo diferentes circunstancias se discuten en función de las Figuras 5, 6 y 7, para lo cual se calcularon varias relaciones (Cuadro 12) que sirvieron para la representación gráfica.

Entre las posibles situaciones en que se puede encontrar a un agricultor, se cuenta aquella en que necesita trabajar su tierra para producir el máximo de alimento por unidad de área. Este puede ser el caso de un agricultor que posee muy poca tierra.

Para evaluar y comparar los tratamientos bajo esa condición posible, se puede emplear el modelo producto-producto. En este modelo, se estima la curva de producción combinada de los cultivos componentes del sistema para una cantidad dada de tierra (isorecurso). El criterio de selección puede ser el UET, RRT, u otro. Así, como se observa en el Cuadro 13, y Figura 4, en el nivel alto de fertilización la asociación de yuca con cinco plantas por metro cuadrado de maíz es el tratamiento más eficiente en la producción de alimento según el RRT. En el nivel bajo, lo es la asociación de yuca con dos plantas por metro cuadrado de maíz, pero las asociaciones con cuatro y cinco plantas por metro cuadrado también hacen un uso eficiente del recurso tierra, según los valores del RRT.

Este análisis identifica los sistemas de producción que hacen un uso más eficiente de la tierra, lo que es útil al considerar ésta como un factor limitante. Otra forma de evaluar esta eficiencia se basa también en el modelo producto-producto, pero se seleccionan los tratamientos que maximizan el valor de la producción por hectárea. Esto depende no sólo de los rendimientos de los cultivos, sino también de los precios unitarios de los productos.

Las Figuras 5a y b muestran los puntos o combinación de rendimientos de yuca y maíz por hectárea para los seis tratamientos con alta y baja fertilidad respectivamente. La unión de esos puntos es una aproximación a la curva de posibilidades de producción de yuca y maíz por hectárea. Permite, además, seleccionar los tratamientos más eficientes en el uso de la tierra medidos en términos de valor de la producción total. Esto se logra moviendo paralelamente la curva de isoretorno o combinaciones de maíz y yuca que dan un mismo retorno total (línea oblicua). Dada la relación de precios maíz/yuca al momento del análisis (3:2), los tratamientos seleccionados serían la asociación de yuca con cuatro plantas por metro cuadrado de maíz en el nivel alto de fertilización y la asociación de yuca con dos plantas por metro cuadrado en el nivel bajo. Para que otro tratamiento pudiera ser seleccionado, la relación de precios maíz/yuca debe variar. Si el precio de la yuca disminuye y la relación de precios es de 4:8, la línea de isoretorno R3 en el nivel de fertilización

Cuadro 12. Costo total (CT), ingreso bruto (IB), ingreso neto (IN), costo efectivo (CE), CE/1000 IN, Nº de jornales/1000 IN de diferentes combinaciones entre maíz y yuca bajo dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica, 1979^{1/}.

Tratamiento ^{8/} Plantas fertil. Maíz m ⁻²		CT	IB ^{1/} maíz	IB ^{2/} yuca	IB	IN	CE	CE/1 000 IN ^{3/}	Nº jornales ha ⁻¹	Nº ^{4/} jornales/ 1 000 IN	Rendim. ^{5/} maíz/ 1 000 CT	Rendim. ^{6/} yuca/ 1 000 CT
D	F											
0	A	9 613	0	14 311	14 311	4 698	8 538	1 817	159	34	0	2 294,4
1	A	10 555	1 368	10 729	12 097	1 542	9 430	6 115	167	108	68,3	1 565,8
2	A	10 842	4 739	9 749	14 488	3 646	9 710	2 663	187	51	216,0	1 385,6
3	A	11 144	5 335	8 418	13 753	2 609	10 000	3 833	193	74	236,6	1 164,0
4	A	11 429	6 853	7 814	14 667	3 238	10 284	3 176	201	62	295,7	1 053,3
5	A	11 420	7 820	6 620	14 440	3 020	10 274	3 407	200	66	313,1	893,5
0	B	9 124	0	12 663	12 663	3 539	8 097	2 288	157	44	0	2 138,2
1	B	10 094	876	14 513	15 389	5 295	9 016	1 703	168	32	41,7	2 215,2
2	B	10 284	4 074	13 403	17 477	7 193	9 199	1 279	181	25	190,5	2 007,9
3	B	10 678	4 859	9 119	13 978	3 300	9 581	2 903	190	58	218,8	1 315,4
4	B	10 860	6 625	8 425	15 051	4 141	9 762	2 329	195	47	293,0	1 195,3
5	B	11 000	6 955	7 003	13 958	2 958	9 901	3 347	199	67	304,0	980,6

^{1/} Precio del maíz = $\text{Q} 2 080 \text{ t}^{-1}$

^{2/} Precio de la yuca = $\text{Q} 649 \text{ t}^{-1}$

^{3/} CE/1000 IN: Capital efectivo necesario para obtener $\text{Q} 1 000$ de ingreso neto

^{4/} Número de jornales/1000 IN = mano de obra en jornales necesaria para obtener $\text{Q} 1 000$ de ingreso neto

^{5/} Rendimiento de maíz obtenido por cada $\text{Q} 1 000$ de costo total

^{6/} Rendimiento de yuca obtenido por cada $\text{Q} 1 000$ de costo total

^{7/} 0, 1, 2, 3, 4, 5 plantas de maíz m⁻²; FA = 120-200-150 y FB = 90-200-75 kg ha⁻¹ de N, P, y K respectivamente

^{8/} 1 US dólar = 8,54 colones costarricenses en 1979.

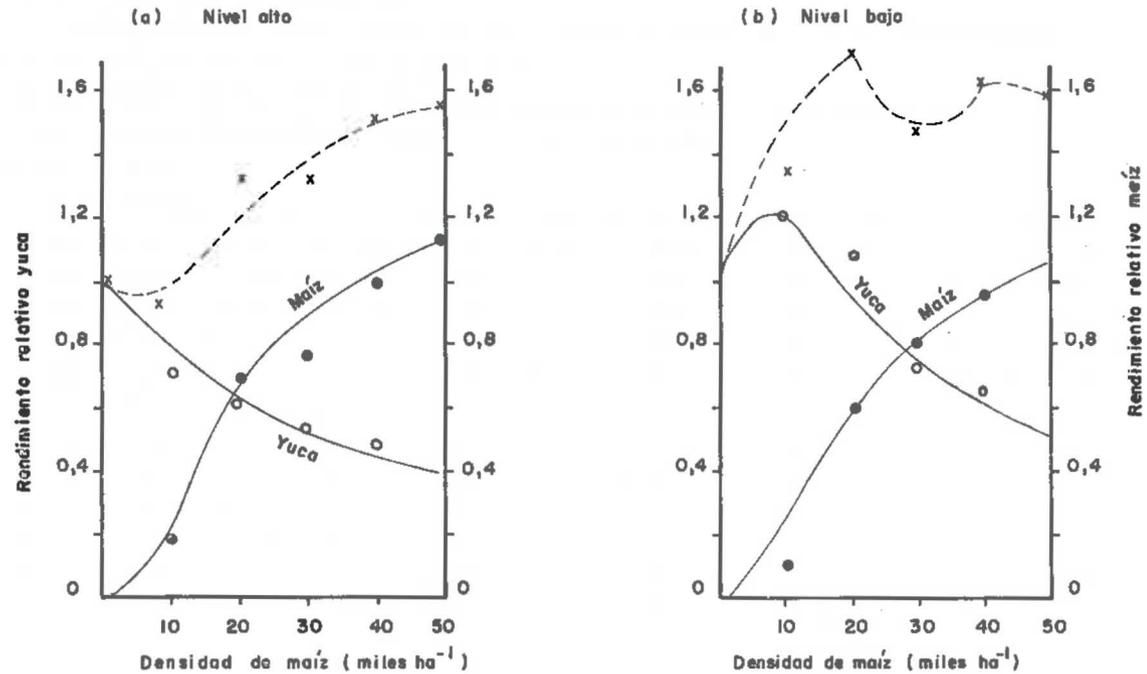


Figura 4. Rendimiento relativo total (RRT) de seis combinaciones de yuca y maíz bajo dos niveles de fertilización: (a)=alto y (b)=bajo. Las líneas sólidas son los rendimientos de los componentes y la línea interrumpida es el rendimiento relativo total del sistema.

alto apunta para el tratamiento D5 (yuca asociada con cinco plantas por metro cuadrado de maíz). Si el precio de la yuca aumenta y la relación de precios disminuye a 3:0, la línea de isoretorno R2 apunta al tratamiento D0 (monocultivo de yuca) como la mejor elección el mismo nivel de fertilización.

Cuadro 13. Rendimiento relativo total (RRT) de seis sistemas de cultivo con yuca y maíz en dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica. 1979.

Tratam.		Ren.maíz 12 % t ha ⁻¹	Rend.Rel. maíz (%)	Rend.yuca comercial t ha ⁻¹	Rend.Rel. de yuca (%)	Rend.Rel. total (%)
maíz plantas por m ²	Fert. 1/					
0	A			20,23	1,00	1,00
1	A	0,66	0,20	14,72	0,73	0,93
2	A	2,28	0,69	12,85	0,64	1,33
3	A	2,56	0,78	11,07	0,55	1,33
4	A	3,29	1,00	10,05	0,50	1,50
5	A	3,76	1,14	8,38	0,41	1,55
0	B			16,25	1,00	1,00
1	B	0,42	0,13	19,77	1,22	1,35
2	B	1,96	0,61	17,73	1,09	1,70
3	B	2,34	0,73	11,80	0,73	1,46
4	B	3,19	0,96	10,67	0,66	1,62
5	B	3,34	1,05	8,43	0,52	1,57

1/ A = 120-200-150 kg ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente, y B = 90-200-75 kg ha⁻¹ de N, P y K respectivamente.

Lo anterior indica que la identificación del tratamiento de valor máximo de la producción en el nivel alto de fertilización es muy sensible a un cambio de precio de la yuca.

En el nivel bajo de fertilización la línea de isoingreso R1 que se obtiene con la relación de precios al momento del análisis (3:2) identifica al tratamiento D2 (asociación con dos plantas por metro cuadrado). Si dicha relación es de 1:1 como consecuencia de un aumento en el precio de la yuca, la línea de isoingreso R2 apunta para el tratamiento D1 (asociación con una planta por metro cuadrado de maíz). Pero si el precio de la yuca disminuye en un 50 por ciento con relación al del momento del análisis

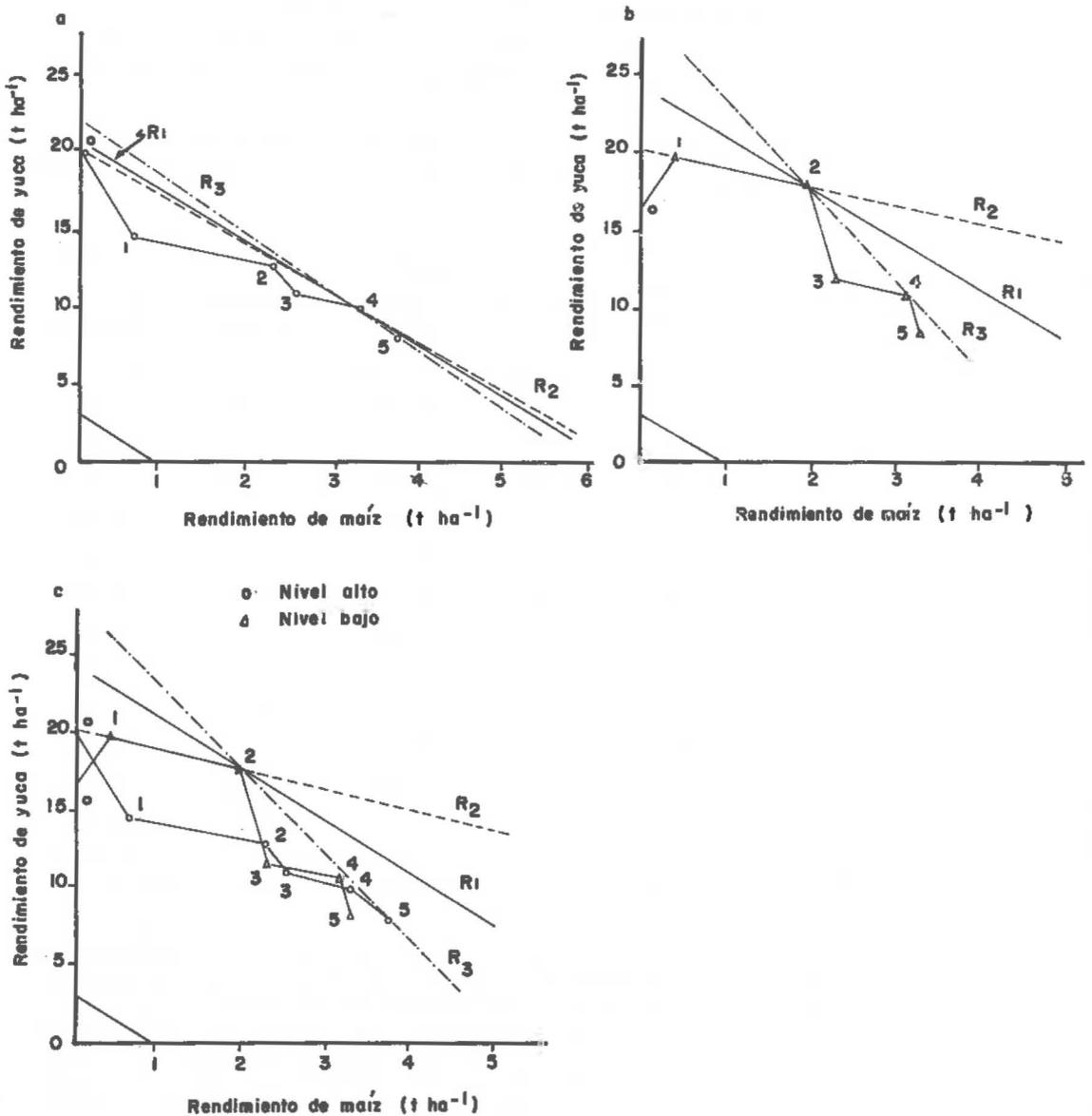


Figura 5. Combinación de máximo valor en la producción de yuca y maíz: en el nivel alto de fertilización (a), en el nivel bajo (b) y con los dos niveles (c).

y la relación de precios es de 6:4, la línea de isoingreso R3 identifica al tratamiento D4 (asociación con cuatro plantas por metro cuadrado) como la mejor alternativa.

Al considerar el conjunto de tratamientos en ambos niveles de fertilización (Figura 5c) y con la relación de precios de 3:2 la alternativa con mayor valor de la producción es el tratamiento D2 del nivel bajo de fertilización. Si la relación de precios es de 1:1 la elección es para el tratamiento D1 del nivel bajo de fertilización y D0 del nivel alto. Sin embargo, si la relación de precios es de 6:4 la alternativa D5 FA es ligeramente mejor que las alternativas D4 FA y d4 FB.

Otra situación posible de enfrentar por un agricultor es la restricción en el uso de mano de obra o de capital, o de ambos en conjunto. Para evaluar sistemas que permitan considerar la eficiencia en el uso de estos recursos se emplea el modelo factor-factor.

Las Figuras 6a y b muestran los puntos de diversas combinaciones de dinero en efectivo y mano de obra que generarían 1 000 colones de ingreso neto. Son una aproximación o una isocuanta. Permite seleccionar los tratamientos más eficientes en el uso de esos recursos o de ambos en conjunto. Con la recta de isocosto basada en el precio de la mano de obra, la selección es del tratamiento D0, FA que identifica al monocultivo de yuca en el nivel alto de fertilización. Esto quiere decir que es el sistema que requiere menor inversión combinada de efectivo y mano de obra, como se observa en el Cuadro 12.

Nuevamente el monocultivo de yuca es la alternativa deseable con un nivel alto de fertilización y si se mantiene la relación de los recursos existentes al momento del análisis.

En el nivel bajo de fertilización (Figura 6b), la asociación de yuca con dos plantas por metro cuadrado nuevamente resultó ser el sistema de cultivo que combinó óptimamente los recursos mano de obra y capital. De acuerdo con los datos del Cuadro 12, es el sistema que requiere menos capital y mano de obra por cada ¢ 1 000 de IN que se produjo. En la evaluación conjunta (Figura 6c), el tratamiento más eficiente en el uso de dinero y mano de obra es D2 FB.

Los tratamientos seleccionados se mantendrían iguales para cualquier precio de la mano de obra. Esto indica que dichos tratamientos son claramente superiores en su eficiencia en el uso de mano de obra y capital.

Cuando lo que interesa al agricultor es conocer cuál es la eficiencia en la utilización de su inversión total, también se puede utilizar el modelo producto-producto. En este caso, se determina para cada tratamiento la cantidad de cada producto (cultivo) que se obtiene de la asociación con la inversión de una cantidad de capital dada. Cada punto se ubica en el plano correspondiente (Figura 7) y su unión tiende a una frontera de producción o de isorecursos. La línea de isoingreso correspondiente a la relación de precios de los productos ayuda a visualizar el

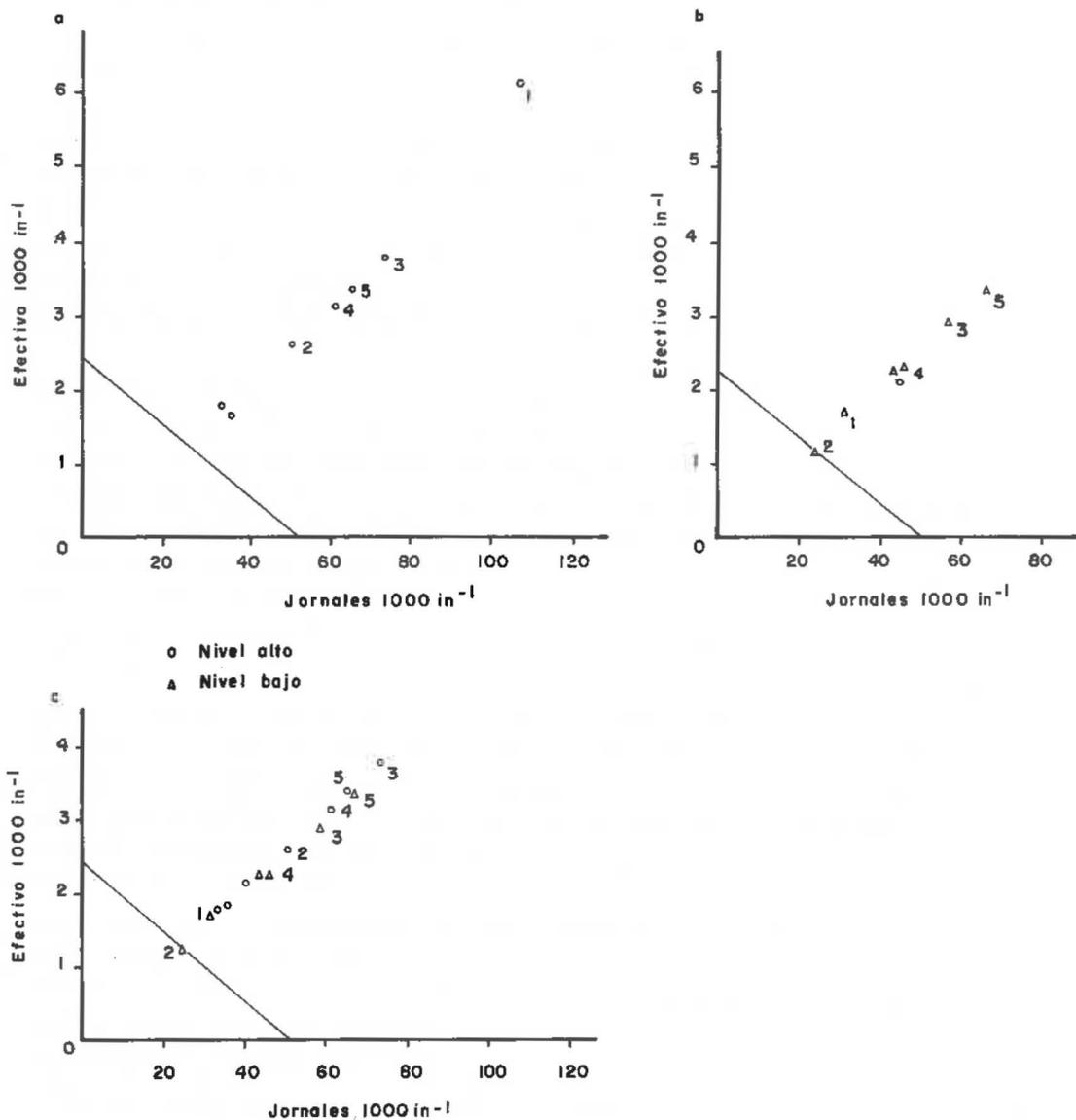


Figura 6. Combinación óptima de los recursos mano de obra y capital de seis sistemas de cultivos con yuca y maíz: en el nivel alto de fertilización (a), en el nivel bajo (b) y con los dos niveles (c).

tratamiento más eficiente en el uso de la inversión total.

Las Figuras 7a y b muestran las diversas combinaciones de rendimiento de yuca y maíz por 1 000 colones de costo total, para los niveles de fertilización alta y baja respectivamente. Cada punto representa un tratamiento. Son puntos de isorecursos y se buscan aquellos que, con esos recursos (cuyo valor es ₡ 1 000) produzcan un mayor retorno total. Esto se logra moviendo la recta de isoingreso basada en los precios de la yuca y el maíz. La selección en el nivel alto de fertilización fue el monocultivo de yuca. La eficiencia económica total (Figura 7a) es superior si se siembra solamente yuca. Si ocurre un cambio en la relación de precios como consecuencia de una disminución del precio de la yuca y su valor es de 4:2, la línea de isoingreso R2 en el nivel alto de fertilización identifica a los tratamientos D2, D4 y D5 como las alternativas más eficientes en el uso de la inversión total. De ellas el tratamiento D2 produjo un mayor IN (Cuadro 12).

En el nivel bajo de fertilización (Figura 7b) la asociación de yuca con dos plantas por metro cuadrado, fue la que hizo un uso más eficiente de la inversión total cuando la relación de precios fue de 3:2 (₡ 2 080 por tonelada de maíz y ₡ 649 por tonelada de yuca). Si esta relación cambia de 3:2 a 8:3, la elección recaería en los tratamientos D4 y D5 FB (línea R3), con los que se obtiene menor cantidad de yuca y mayor cantidad de maíz. Si el cambio en la relación de precios es en el sentido contrario y llega hasta un valor de 1:3 (línea R2), el sistema a elegir es la asociación con una planta por metro cuadrado de maíz.

En el análisis combinado (Figura 7c) y con la relación de precios existente al momento del análisis, el tratamiento D2, FB que corresponde a la asociación de yuca con dos plantas por metro cuadrado de maíz, continúa siendo la mejor alternativa.

Si el precio de la yuca aumenta y la relación de precios con respecto al maíz cambia hasta 1:3, el tratamiento D0, FA que corresponde al monocultivo de yuca en el nivel de fertilización alto también podría ser seleccionado conjuntamente con la asociación de yuca y una planta por metro cuadrado de maíz del nivel bajo de fertilización.

Se puede concluir que, aunque desde el punto de vista de la evaluación agronómica el mejor tratamiento en el nivel alto de fertilización fue la asociación de yuca con cinco plantas por metro cuadrado de maíz, esto no coincide con la selección hecha según la evaluación económica, si la relación de precios se mantiene igual al momento de análisis. Sin embargo, en el nivel bajo, tanto desde el punto de vista agronómico como del económico, hay consistencia en la elección del tratamiento que corresponde a la asociación de yuca con dos plantas por metro cuadrado de maíz, siempre con la misma relación de precios (3:2).

Indudablemente este procedimiento de análisis utiliza una simplificación de los conceptos teórico-económicos que los respaldan; como tal, es una aproximación a los resultados verdaderos.

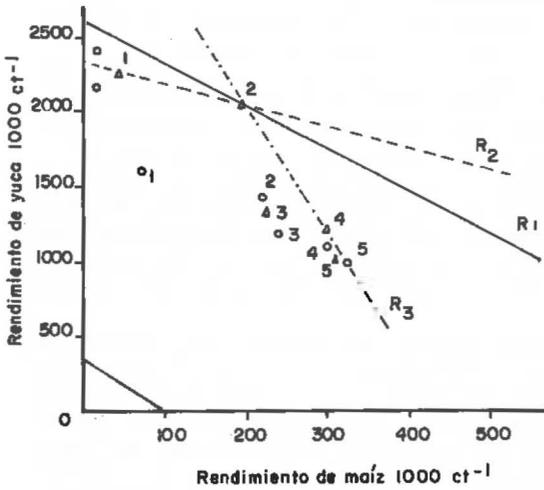
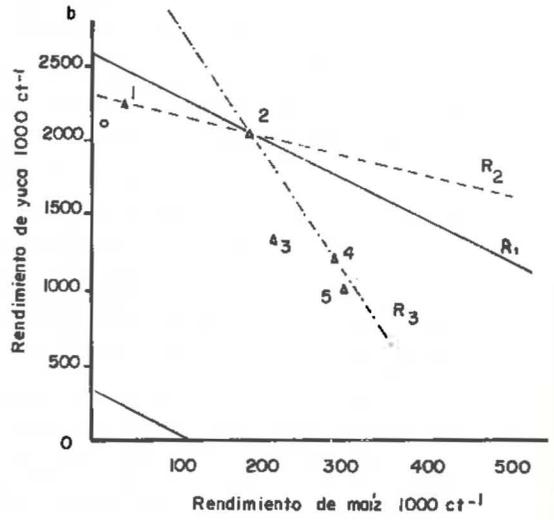
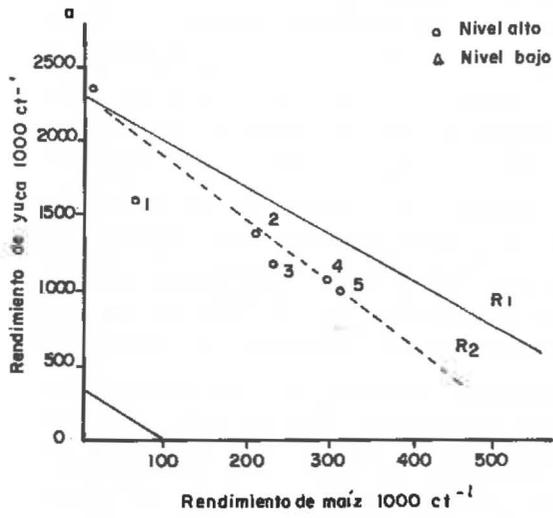


Figura 7. Eficiencia económica total de seis sistemas de cultivo con yuca y maíz : en el nivel alto de fertilización (a), en el nivel bajo (b) y con los dos niveles (c).

ANEXO



CALCULO ALTERNATIVO DE LA PERDIDA (O GANANCIA) ESPERADA DE UN SISTEMA Y SU PROBABILIDAD

Existe una forma alternativa para estimar la pérdida o ganancia esperada de un sistema. Esta se basa en la suposición de que la siguiente variable, calculable empíricamente, tiene una distribución normal.

$$Q = \left(\sum_{i=1}^n p_i Y_i \right) / \left(\sum_{i=1}^n p_i \right) \sim (\mu, \sigma)$$

Donde Y es el cultivo i y p_i su precio

Nótese que cuando $n = 1$, hay un sólo cultivo en el sistema y $Q = Y$ como es lo natural.

El costo por unidad de Q se puede dividir en sus componentes: costos variables (V) y costos fijos (F). La pérdida esperada o esperanza de pérdida o ganancia $[E(Z)]$ sería:

$$E(Q) \times [E(D) - E(V)] - E(F) \quad (1)$$

Donde:

$E(Z)$ = La pérdida o ganancia esperada (Z) que se quiere estimar.

$E(Q)$ = Promedio de $Q = (\sum p_i Y_i) / \sum p_i$ que puede estimarse con base en observaciones empíricas.

$E(D)$ = Promedio de $D = \sum p_i$, también estimable empíricamente

$E(V)$ = Promedio de $V = v/Q$ o promedio del costo variable por 'unidad de Q'.

$E(F)$ = Promedio de los costos fijos totales para las observaciones disponibles.

Si se dispone de observaciones de precios, rendimientos, costos variables y costos fijos para cada observación, estos

cálculos son posibles. Para calcular la probabilidad asociada a esta esperanza de pérdida o ganancia, se necesitan estimaciones de las respectivas varianzas.

$$\sigma^2_Q = \text{varianza de } Q = (\sum p_i Y_i) / \sum p_i$$

$$\sigma^2_D = \text{varianza de } D = \sum p_i$$

$$\sigma^2_V = \text{varianza de } V = v/Q$$

$$\sigma^2_F = \text{varianza de } F = cf$$

Estas varianzas permiten estimar la varianza de Z en la siguiente forma:

$$\sigma^2_Z = \{ \sigma^2_Q \times (\sigma^2_D + \sigma^2_V) + E^2(Q) \times (\sigma^2_D + \sigma^2_V) + [E(D) - E(V)]^2 \times \sigma^2_Q + \sigma^2_F \} \quad (2)$$

Con estimaciones empíricas (computaciones muestrales de las varianzas y esperanzas para Q, D, V y F se obtienen E(Z) y σ^2_Z .

Los valores de E(Z) y σ^2_Z permiten estimar, a su vez, la probabilidad de que el sistema provea no más que cierta pérdida (-X), o por lo menos cierto nivel de ganancia (+X).

Para lograrlo, (-X) o (+X) debe transformarse en S, su reflejo con signo contrario en la población N (0,1), mediante:

$$S = \frac{E(Z) - X}{\sigma_Z} \quad (3)$$

Con base en las propiedades de la población N (0,1), la probabilidad de obtener no más que una pérdida (-X) es:

$$M = 1 - \int_{-\infty}^S \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{s^2}{2}} \quad (4)$$

Donde S es el reflejo negativo de (-X) en N (0,1). Si X es cero, M será la probabilidad, por lo menos, de recuperar los costos.

La probabilidad de obtener por lo menos cierta ganancia (+X) será 1-M.

Con suficientes datos muestrales y capacidad de cómputo estos cálculos son factibles empíricamente.

Datos necesarios y cálculos previos

Los datos empíricos pueden provenir de repeticiones experimentales para un sistema o de observación directa en fincas.

Lo ideal es que cada observación incluya datos sobre las siguientes variables: a) el rendimiento Y_i de cada uno de los n cultivos en el sistema ($i = 1, 2, \dots, n$); b) los n precios (p_i) por unidad de cada producto; c) el costo variable (v) por hectárea del sistema durante el período de análisis; d) el costo fijo correspondiente por hectárea.

Si se tienen estos datos para m observaciones podrán computarse:

$$\begin{aligned}\bar{Q} &= E(\hat{Q}) = \left[\sum_{j=1}^m \left[\frac{\sum_{i=1}^n p_i Y_i}{\sum_{i=1}^n p_i} \right] j \right] / m \\ \bar{D} &= E(\hat{D}) = \left[\sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n p_i \right) j \right] / m \\ \bar{V} &= E(\hat{V}) = \left[\sum_{j=1}^m (V_j / Q_j) j \right] / m = \left[\frac{\sum_{j=1}^m V_j}{\sum_{j=1}^m Q_j} \right] / m \\ \bar{F} &= E(F) = \left[\sum_{j=1}^m F_j \right] / m\end{aligned}$$

y sus respectivas estimaciones de varianzas:

$$\begin{aligned}s^2_Q &= \hat{\sigma}^2_Q = \frac{\sum_{j=1}^m (Q_j - \bar{Q})^2}{(m-1)} \\ s^2_D &= \hat{\sigma}^2_D = \frac{\sum_{j=1}^m (D_j - \bar{D})^2}{(m-1)} \\ s^2_V &= \hat{\sigma}^2_V = \frac{\sum_{j=1}^m (V_j - \bar{V})^2}{(m-1)} \\ s^2_F &= \hat{\sigma}^2_F = \frac{\sum_{j=1}^m (F_j - \bar{F})^2}{(m-1)}\end{aligned}$$

Con estas varianzas muestradas se pueden computar las estimaciones de: $E(Z)$ (fórmula 1) $\sqrt{Z^2}$ (fórmula 2).

Luego, con ellas se pueden estimar las probabilidades de:

- a) Por lo menos recuperar los costos. Para esto se calcula S (fórmula 3) para $X = 0$ y luego se computa 4. El resultado es la probabilidad esperada.
- b) Obtener no más que una pérdida de Y. Para esto se utiliza $X = -Y$ y se obtiene S. Luego con S, M (fórmula 4) da directamente la probabilidad buscada.
- c) Obtener por lo menos una ganancia (neta) de X. Con X calcular S y luego M. La probabilidad buscada es $1-M$. Sólo se necesita cierta capacidad mínima de cómputo.

Estimaciones con información incompleta

Generalmente la información requerida no está disponible, en especial en observaciones experimentales. Para una buena evaluación de las tecnologías en desarrollo debería haber un esfuerzo para controlarlas.

Si la información es incompleta los cálculos se pueden aún intentar, aunque los resultados no serán tan confiables. Lo mínimo que se exige son los datos sobre rendimiento.

Si no se tienen precios, se debe obtener por lo menos una estimación de ellos. En lo posible, también una estimación de sus respectivas varianzas.

Si los precios a utilizar son dados (promedios o seleccionados según algún criterio), aún se pueden y deben calcular Q , \bar{Q} y s^2Q . Sus estimaciones serán menos confiables.

Si se tienen estimaciones del promedio de cada precio $E(p_i)$ más sus varianzas $\sigma^2 p_i$:

$$E(\hat{D}) = E(\hat{\Sigma} p_i) = \sum_{i=1}^n [E(\hat{p}_i)]$$

$$\sigma^2 D = \sum_{i=1}^n \hat{\sigma}^2 p_i \quad (\text{Los precios se suponen independientes})$$

De la misma forma, si fallan los datos en V y F se debe recurrir por lo menos a estimaciones de V y F y sus varianzas usando otras fuentes. En algunos casos V y F se pueden considerar dados pero las estimaciones serán aún menos confiables.

UTILIZACION DEL BUU PARA ESTIMACIONES DE LA ESPERANZA DE PERDIDA (O GANANCIA) DE UN SISTEMA Y SU PROBABILIDAD

BUU es el programa para "Break Even Under Uncertainty" contenido en las páginas (3-46) a (3-50) del IBM 5110 Business Analysis/BASIC, User's Guide (Program Number 5721-DC5).

Cálculos previos

Antes de utilizar el programa se necesita información y cálculos. La información debe ser m observaciones sobre el sistema en análisis. Pueden ser repeticiones experimentales o datos de registro.

Si el sistema contiene n cultivos, cada observación tendrá:

- n Rendimientos Y_i
- n Precios unitarios p_i para cada cultivo
- 1 Costo variable por hectárea (V)
- 1 Costo fijo por hectárea (variable F)

Con estos datos deben generarse las siguientes variables adicionales:

$$(1) Q = \frac{\sum_{i=1}^n p_i Y_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

$$(2) V = v/Q$$

$$(3) D = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n}$$

Con las variables disponibles se deben calcular para las m observaciones.

$$(a) \bar{Q} \text{ y } s^2 Q$$

$$(b) \bar{D} \text{ y } s^2 D$$

$$(c) \bar{V} \text{ y } s^2 V$$

$$(d) \bar{F} \text{ y } s^2 F$$

Una vez calculados estos estimados se puede localizar y utilizar el programa BUU. Como ejemplo las páginas 3-47:

Probabilistic sales quantity $\bar{Q} \pm sQ$

Selling price/unit $\bar{D} \pm sD$

Variable cost/unit $\bar{V} \pm sV$

Total fixed cost $\bar{F} \pm sF$

Seguir las instrucciones del programa para calcular: a) ganancia esperada del sistema [Expected Profit is: Página 2-40]; b) probabilidad de por lo menos recuperar costos [probability of: at least Break-even is]; c) probabilidad de obtener por lo menos una ganancia (neta) de X (que fue pedido) [Profit of at least...] y d) probabilidad de obtener no más que una pérdida de X (dado) [Loss not greater than...].

Es necesario intentar estimaciones confiables de cada parámetro. Cualquier desviación de lo requerido disminuye la bondad del análisis.

BIBLIOGRAFIA



BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, R.G. 1938. Mathematical analysis for economists. New York. St. Martin's Press. 548 p.
- ANDERSON, J.; DILLON, J. and HARDAKER, B. 1977. Agricultural decision analysis. 5ª ed. Ames, Iowa. University Press. 344 p.
- BRUNK, H. 1965. An introduction to mathematical statistics. 2ªed. Walthman Massachusetts, Blaisdell Publishing. 429 p.
- LI, J. 1966. Statistical inference I. 3ª ed. Ann Arbor, Michigan, Edwards Brothers. 658 p.
- MENESES, R. 1980. Efecto de diferentes poblaciones de maíz (Zea mays L.) asociado con yuca (Manihot esculenta Grants) bajo dos niveles de fertilización. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 53 p.
- MORRISON, D. 1967. Multivariate statistical methods. New York, Mc Graw Hill. 338 p.
- NAVARRO L. 1982. Estabilidad agronómica y su medida en la evaluación de sistemas de cultivos múltiples. Turrialba, C.R. CATIE. 14 p. (mimeograf.).
- PERRIN, R. et al. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; un manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT, Folleto de Información N° 27. 54 p.
- SIEGEL, S. 1956. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. New York, Mc. Graw Hill. 311 p.
- SNEDECOR, G. and COCHRAN, W. 1967. Statistical methods. 6ª ed. Ames, Iowa, University Press. 593 p.
- ZULBERTI, C. et al. 1975. El pequeño agricultor: análisis económico y nueva tecnología en el Proyecto Caqueza. In Seminario "El análisis económico en el diseño de nueva tecnología para el pequeño agricultor". (26-28 nov., 1975. Bogotá). Informe CIAT. Bogotá, Col. 45 p.