

ANALISIS ECONOMICOS FUNDAMENTALES EN FERTILIZACIONES DE PAPA, ALGODON Y MAIZ¹

G. A. Solomon y A. B. Awan²

Gracias al trabajo hecho en las diversas estaciones experimentales en América Central (1, 5), se ha establecido, fuera de toda duda, que los fertilizantes son uno de los factores más importantes en el aumento del rendimiento en las cosechas. Ello ha resultado en la expansión del uso de fertilizantes y el establecimiento de fábricas para servir al mercado de la América Central.³

Probablemente, una primordial necesidad ahora es el estudio de principios económicos asociados con el uso de fertilizantes. Este trabajo es una contribución en ese sentido, al aplicar algunos principios económicos fundamentales en fertilizaciones de papa, algodón y maíz, bajo las condiciones del Zamorano.

MATERIALES Y METODOS

Los lotes experimentales estuvieron localizados en terrenos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, los cuales tienen una elevación de 780 metros sobre el nivel del mar. La precipitación pluvial registrada durante el periodo 1963-64 aparece en la tabla 1.

Diseño Experimental:

Las propiedades físicas y químicas de la superficie del suelo de las dos localizaciones usadas en estos experimentos, aparecen resumidas en la tabla 2. Se utilizaron bloques al azar, con 6 tratamientos de 0, 200, 400, 600, 800 y 1,000 Kg. por hectárea (Ha.) de fertilización completa, replicada tres veces.

— — — —

1. Aunque los costos de cosecha, transporte y almacenamiento guardan relación con los aumentos en rendimientos, dependiendo del sistema usado, éstos no han sido tomados en consideración en este estudio.
2. Profesor Asociado de Economía Agrícola y EX-Profesor de Suelos, ahora asociado con FAO (Land and Water Development, Roma), respectivamente.
3. Los experimentos aquí reportados fueron hechos usando fertilizantes donados a la Escuela Agrícola Panamericana por Fertica, S. A.

TABLA 1. Precipitación pluvial en El Zamorano durante el periodo de 1963-64, a que se refiere este estudio.

Mes	Pulgadas de lluvia caída	
	1963	1964
Enero	1.03	0.19
Febrero	0.46	0.48
Marzo	0.64	0.01
Abril	0.44	2.32
Mayo	1.86	3.64
Junio	5.49	10.56
Julio	6.84	6.80
Agosto	4.17	7.18
Septiembre	4.75	8.47
Octubre	7.75	2.34
Noviembre	4.05	2.46
Diciembre	0.01	0.32
	37.49	44.77

TABLA 2. Propiedades físicas-químicas de los suelos usados en este estudio

Propiedades	Localización	
	Terraza	Vega
1.—Color	1OYR 5/2	1OYR 5/2
2.—Materia Orgánica (%)	3.0	3.3
3.—pH	6.4	5.6
4.—P disponible (ppm)	10.5	12.8
5.—K disponible (ppm)	275.0	220.0
6.—Arcilla (%)	37.6	25.4
6.—Limo (%)	32.4	30.7
6.—Arena (%)	30.0	43.9

- 1.—Color determinado por las cartas de Munsell.
- 2.—El método Walkley-Black fue usado para determinar la materia orgánica (4).
- 3.—El pH fué determinado con un Potenciómetro, en una mezcla, 1:1, de agua y suelo, después de dejar la suspensión en reposo por 15 minutos.
- 4.—El método de Morgan fue empleado para determinar P disponible (3).
- 5.—Potasio, extralido por Acetato de Sodio y determinado por un Fotómetro de llama Coleman (4).
- 6.—Los porcentajes de Arcilla, Limo y Arena fueron determinados por el método Bouyoucos (2).

Cultivos:

El maíz híbrido Diacol H-205 fue plantado en Junio 11 de 1963, en Terraza, en surcos separados, a un metro entre si a razón de 40.000 plantas por Ha.

El algodón Deltapine 15, de hoja suave, fue plantado en Julio 30 de 1963, en Teraza, en surcos separados, a un metro entre si, a razón de 50.000 plantas por Ha.

La papa Katahdin fue plantada en Enero 7 de 1964, en Vega, en surcos separados, a un metro entre si, con 25 centímetros de espacio entre plantas.

Control de Insectos y Enfermedades:

Los 6 tratamientos recibieron una aplicación uniforme, de 5 Kg. por Ha., de clordano al 50 por ciento, al tiempo de siembra. Igualmente, los tres cultivos recibieron aspersiones periódicas, de 2 Kg. por Ha., de Diptrex S. P. 80 y 500 ml. por Ha., de Folidol M-48, para el control de insectos. Tres semanas después de plantadas, las papas recibieron aspersiones semanales con aplicaciones de 2 Kg. por Ha., de Cupravit-extra, para el control del tizón.

Sólo la papa recibió regadío suplementario, por el sistema aéreo, cuando la humedad aprovechable bajó del 50 por ciento.

Nomenclatura en el Análisis Económico:

Algunos simbolos y letras se emplearán para la ilustración de la aplicación de principios económicos. Usaremos "X" al referirnos al insumo productivo (fertilizante en los casos bajo consideración); y usaremos "Y" al hablar de las producciones físicas (papa, algodón y maíz en nuestros experimentos). Igualmente, consideraremos que la letra "P" significa precio; por tanto "Px" se entenderá como precio del fertilizante bajo estudio, y "Py" como precio de los productos en discusión. El simbolo Δ se entenderá como "cambio en algo" (cambios en niveles de fertilizaciones y de producciones de papa, algodón y maíz por efecto del fertilizante en cuestión). De igual forma, el simbolo $>$ significa "mayor que", y el punto entre Py y Δ Y, así como entre Px y Δ X se entenderá multiplicado.

RESULTADOS

Las tablas 3, 4 y 5 muestran las relaciones entre las cantidades de fertilizante aplicado (insumo) y las producciones de papa Katahdin, algodón Deltapine 15, hoja suave, y maíz Diacol H-205, obtenidas en los experimentos en cuestión.

Las figuras 1, 3 y 5 fueron derivadas, respectivamente, de las tablas 3, 4 y 5.

A estas relaciones entre insumos y producciones se les llama **Funciones de Producción**. Ellas nos indican qué producciones se obtuvieron a específicos niveles de insumos o fertilización. Si interpoláramos entre los valores obtenidos y mostrados en las tablas 3, 4 y 5, y posteriormente conectáramos,

por medio de una curva suave, los puntos medios de las partes superiores de las columnas o rectángulos en cada uno de los gráficos correspondientes, obtendríamos la llamada Curva de Producción Total.

Mirando la figura 1 se observa que, al aplicar los primeros 200 Kg. de fertilizante, se obtuvo un aumento en la producción total en papa de 7.3 toneladas métricas por Ha. (Tm/Ha). Al añadir los siguientes 200 Kg. de fertilizante, el incremento en la producción en papa fue de 9.3 Tm./Ha. Hasta este punto, la Función de Producción es del tipo creciente, o sea, a cada aumento de una unidad en el nivel de insumo se alcanzó un incremento en el Producto Marginal o cantidad que se añadió al producto total. A partir del tercer nivel de fertilización el Producto Marginal empezó a disminuir. En el nivel 3, el Producto Marginal fue de 8.8 Tm./Ha. y en el nivel 4, de 3.9 Tm./Ha. Esta sección de la Función de Producción es del tipo decreciente. Ella ilustra un principio de primordial importancia en economía, el Principio de los Rendimientos Decrecientes.

TABLA 3. Efectos de la aplicación de incrementos de 200 Kg. de fertilizantes sobre las producciones totales y adicionales, en papa Katahdin, Zamorano, 1963-64.

Fertilizante ¹ aplicado (insumo) "X" 12-24-12	Producción total "Y"	Producción adicional "ΔY"	Valor de la Producción total ²
Kg./Ha.	Tm./Ha.	Tm./Ha.	Lempiras ³
0	5.2		1,040.00
200	12.5	7.3	
400	21.8	9.3	4,360.00
600	30.6	8.8	6,120.00
800	34.5	3.9	6,900.00
1,000	30.4	- 4.1	6,080.00

1. Bases elementales 12-11-10.

2. L. 200.00 por Tm.

3. 1 Lempira (L) = \$0.50 U. S.

TABLA 4. Efectos de la aplicación de incrementos de 200 Kg. de fertilizantes, sobre las producciones totales y adicionales, en algodón Del tapine 15, hoja suave, Zamorano, 1963-64.

Fertilizante ¹ aplicado (insumo) "X" 12-24-12	Producción total ² "Y"	Producción adicional "ΔY"	Valor de la Producción total ³
Kg./Ha.	Kg./Ha.	Kg./Ha.	Lempiras
0	1,056		1,224.00
200	1,413	357	1,639.00
400	1,850	437	2,146.00
600	2,005	155	2,326.00
800	1,720	- 285	1,995.00
1,000	1,655	- 65	1,920.00

1. Bases elementales 12-11-10.
2. Oro. 35.7% de la producción total.
3. Fibra clase C-1, L-1.16 por Kg.

TABLA 5. Efectos de la aplicación de incrementos de 200 Kg. de fertilizantes, sobre las producciones totales y adicionales, en maíz Diacol H-205, Zamorano, 1963.

Fertilizante ¹ aplicado (insumo) "X" 20-20-0	Producción total ² "Y"	Producción Adicional "ΔY"	Valor de la Producción total ³
Kg./Ha.	Kg./Ha.	Kg./Ha.	Lempiras
0	2,156		284.59
200	3,214	1,058	424.25
400	4,015	801	529.28
600	4,870	855	642.84
800	5,325	455	702.90
1,000	5,214	- 111	688.25

1. Bases elementales 20-9-0.
2. Maíz 12% humedad.
3. L 0.132 por Kg.

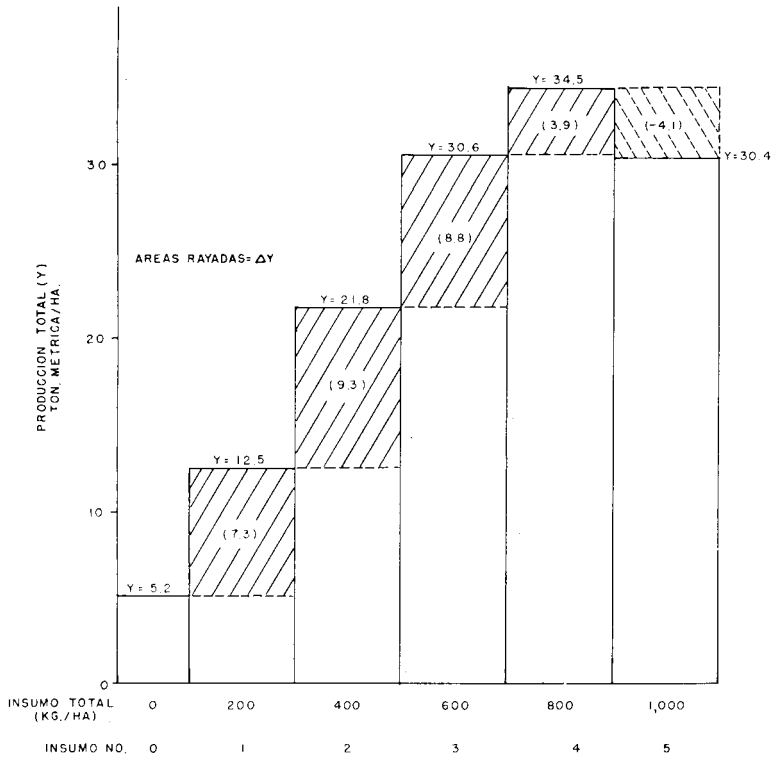


FIG. 1. PRODUCCION TOTAL DE PAPA A DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACION.

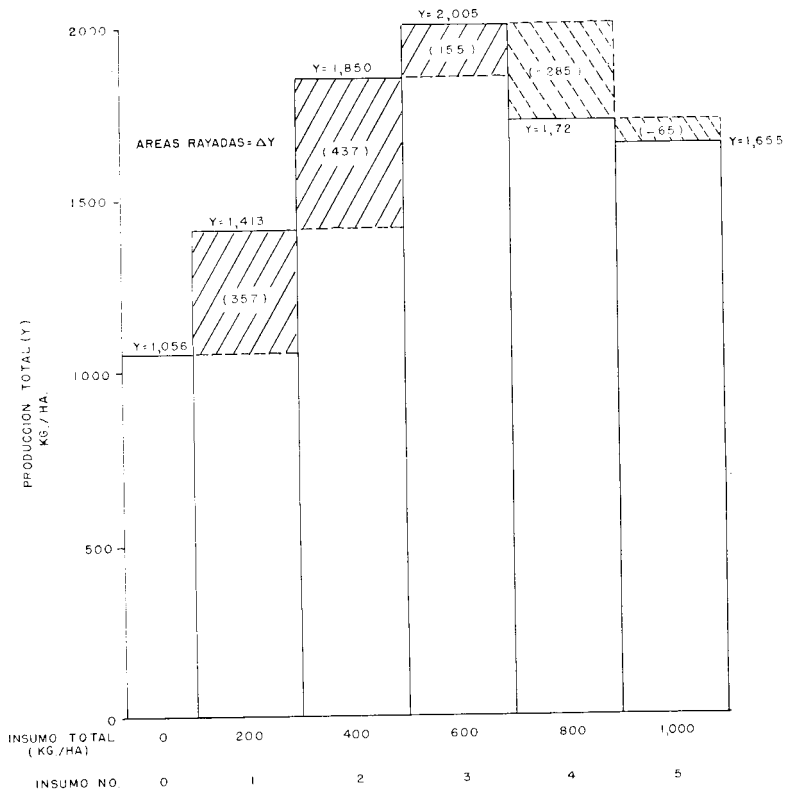


FIG. 3. PRODUCCION TOTAL DE ALGODON A DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACION.

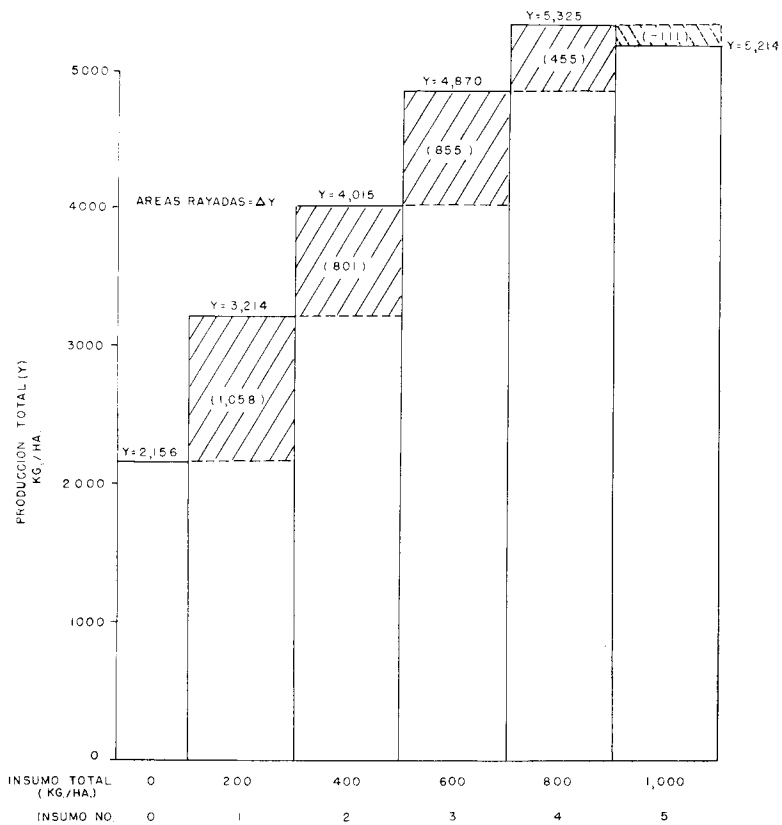


FIG. 5 PRODUCCION TOTAL DE MAIZ A DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACION.

Este principio dice: "Si se agregan unidades sucesivas de un insumo a cantidades dadas de otros insumos se alcanzaria eventualmente un punto donde la adición del producto obtenido por unidad de insumo agregado seria cada vez menor".

A partir del nivel quinto, el Producto Marginal se convirtió en negativo, o sea, la producción total comenzó a disminuir y por tanto se entró en un área irracional de producción.

En la figura 3, Producción Total de Algodón a Diferentes Niveles de Fertilización, se observa el mismo comportamiento en cuanto a la Función de Producción, es decir, primero rendimientos crecientes y después rendimientos decrecientes.

En la figura 5, Producción Total de Maiz a Diferentes Niveles de Fertilización, se observa una Función de Producción de rendimientos decrecientes. En otras palabras, a medida que se aumenta el nivel de fertilización, disminuye el Producto Marginal. Aunque en los niveles segundo y tercero se observa una ligera alteración en este comportamiento, aparentemente fue causada por factores propios del experimento en si.

DISCUSION

Una cuestión básica a decidir por un productor es si debe añadir algo más de un fertilizante a un cultivo determinado. Para tomar una decisión en ese sentido él necesitará, al menos, dos informaciones fundamentales:

1. Los costos asociados con la adición extra del fertilizante; y
2. El estimado de cuánto más valdrá su cosecha como resultado de la adición del referido fertilizante.

En el caso de que el aumento en el valor de la cosecha proveniente o causada por la adición extra del fertilizante sea mayor que los costos incurridos con el mencionado incremento en nivel de fertilización, cabe pensar que un productor interesado en lucrar, indudablemente aumentará su nivel de fertilización.

Nivel de Ganancias Optimas Considerando un Solo Insumo Variable (Fertilizante) :

La ilustración que antecede aparece como una decisión de sentido común y así es en efecto. Ella es también la sustentación de un principio económico de producción fundamental, conocido como Principio de Márgenes Iguales. Este principio establece que un productor se mantendrá usando adicionales unidades de un insumo productivo hasta tanto el uso del insumo añadido produzca o ahorre más dinero que lo que dicho insumo cuesta.

Valiéndonos de símbolos y letras podremos plantear esto mismo. El productor añadirá insumo productivo hasta tanto $P_y \cdot \Delta Y > P_x \cdot \Delta X$, y, por consiguiente, él solamente cesará de añadir dicho insumo en el punto en que $P_y \cdot \Delta Y = P_x \cdot \Delta X$.

Si dividimos ambos lados de esta última ecuación por ΔX , obtendremos $P_y \cdot \frac{\Delta Y}{\Delta X} = P_x$, expresión que contiene el mismo principio pero expresado en otra forma.

En las tablas 6, 7 y 8 obtuvimos el ingreso añadido por efecto de los últimos 200 Kg. de fertilizante, o sea, $P_y \cdot \frac{\Delta Y}{\Delta X}$, multiplicando las producciones adicionales mostradas en las tablas 3, 4 y 5 por el precio del producto en cuestión. El costo añadido por unidad de insumo, P_x , se calculó tomando como base los niveles de insumo como unidades de 200 Kg. de fertilizante. Por tanto, P_x será el costo de 200 Kg. de fertilizante e igualmente $\frac{\Delta Y}{\Delta X}$ corresponderá a ΔY dividido por 1.

Las figuras 2, 4 y 6 fueron derivadas respectivamente, de las tablas 6, 7 y 8.

Ahora hagamos uso de nuestro principio en cada uno de los casos que nos ocupan. En el experimento de la papa, tabla 6 y figura 2, bajo los precios de fertilizantes y productos indicados, el nivel de ganancias óptimas sería el cuarto, o sea, 800 Kg. del fertilizante por Ha., pues a dicho nivel todavía $P_y \cdot \frac{\Delta Y}{\Delta X} = L 780.00$ es mayor que el costo de la unidad de fertilizante añadida, $P_x = L 58.00$.

TABLA 6. Ingresos añadidos, por efecto del fertilizante aplicado y por lempira invertido en fertilizante, sobre papa Katahdin, Zamorano, 1963-64.

Fertilizante ¹ aplicado (insumo) "X"	Costo añadido por unidad de insumo	Ingreso, añadido ³ por efecto de los 200 Kg. de fertilizantes	Ingreso promedio, añadido por el último lempira invertido en fertilizantes
12-24-12	"Px" ²	últimos "Py. $\frac{\Delta Y}{\Delta X}$ "	
Kg./Ha.	Lempiras	Lempiras	Lempiras
0			
200	58.00	1,460.00	25.17
400	58.00	1,860.00	32.07
600	58.00	1,760.00	30.34
800	58.00	780.00	13.45
1,000	58.00	— 820.00	— 14.14

1. Bases elementales 12-11-10.

2. L 0.29 por Kg.

3. L 200.00 por Tm.

TABLA 7. Ingresos añadidos, por efecto del fertilizante aplicado y por lempira invertido en fertilizante, sobre algodón Deltapine 15. hoja suave. Zamorano, 1963-64.

Fertilizante ¹ aplicado (insumo) "X" 12-24-12	Costo añadido por unidad de insumo "Px" ²	Ingreso, añadido ³ por efecto de los 200 Kg. añadido por el último de fertilizantes últimos lempira invertido en "Py" - $\frac{\Delta Y}{\Delta X}$	Ingreso promedio, añadido por el último lempira invertido en fertilizante
Kg./Ha.	Lempiras	Lempiras	Lempiras
0			
200	58.00	414.12	7.14
400	58.00	506.92	8.74
600	58.00	179.80	3.10
800	58.00	- 330.60	- 5.70
1,000	58.00	- 75.40	- 1.30

1. Bases elementales 12-11-10.

2. L 0.29 por Kg.

3. Fibra clase C-1, L 1.16 por Kg.

TABLA 8. Ingresos añadidos, por efecto del fertilizante aplicado y por lempira invertido en fertilizante, sobre maíz Diacol H-205, Zamorano, 1963.

Fertilizante ¹ aplicado (insumo) "X" 20-20-0	Costo añadido por unidad de insumo "Px" ²	Ingreso, añadido ³ por efecto de los 200 Kg. añadido por el último de fertilizantes últimos lempira invertido en "Py" - $\frac{\Delta Y}{\Delta X}$	Ingreso promedio, añadido por el último lempira invertido en fertilizante
Kg./Ha.	Lempiras	Lempiras	Lempiras
0			
200	56.00	139.66	2.49
400	56.00	105.73	1.89
600	56.00	112.86	2.02
800	56.00	60.06	1.07
1,000	56.00	- 14.65	- .26

1. Bases elementales 20-9-0.

2. L 0.28 por Kg.

3. L 0.132 por Kg.

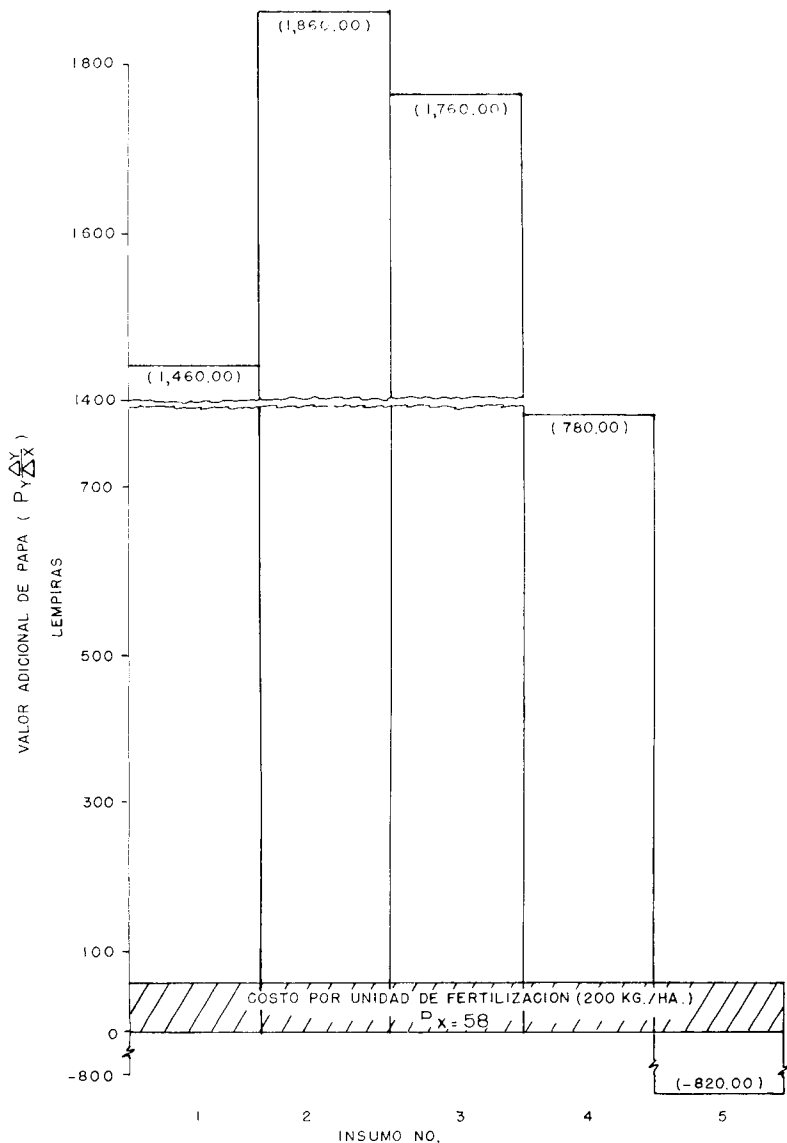


FIG. 2. VALOR ADICIONAL DE PAPA EN RELACION AL COSTO POR UNIDAD DE FERTILIZANTE (200 KG./HA.)

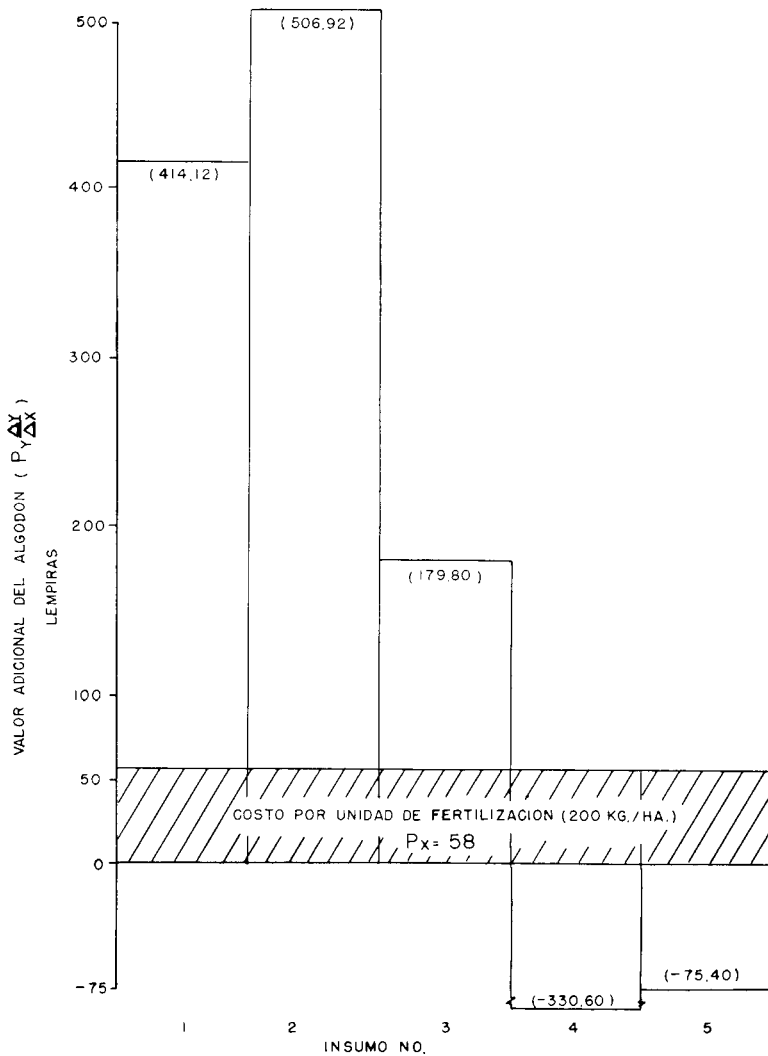


FIG. 4. VALOR ADICIONAL DEL ALGODON EN RELACION AL COSTO POR UNIDAD DE FERTILIZANTE (200 KG./HA.)

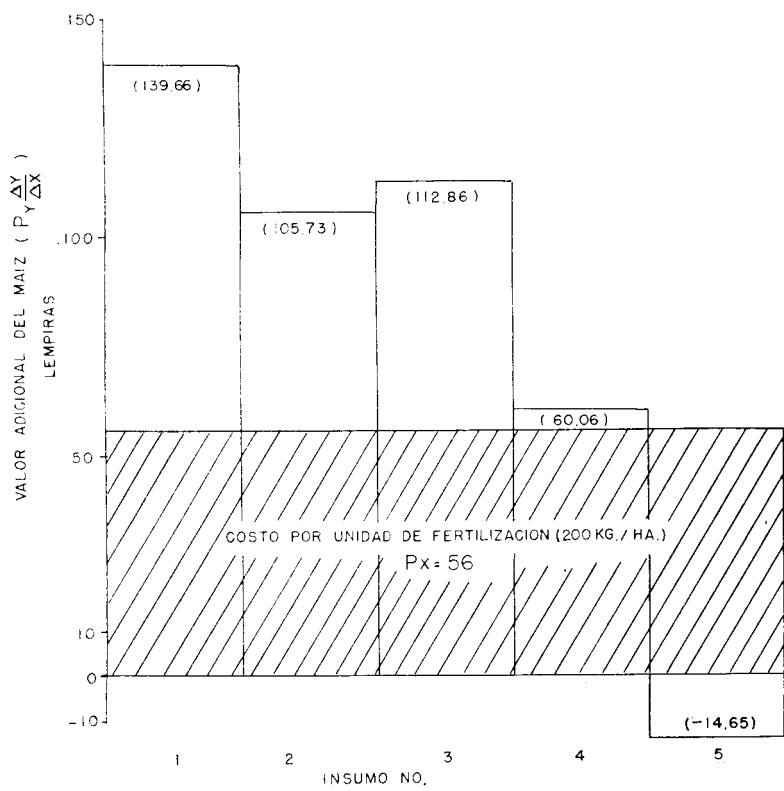


FIG. 6 VALOR ADICIONAL DEL MAIZ EN RELACION AL COSTO POR UNIDAD DE FERTILIZANTE (200 KG./ HA.)

Haciendo uso del mismo análisis en el caso del algodón, tabla 7 y figura 4, se observa el nivel tercero, o sea, 600 Kg. de fertilizante por Ha., será el nivel más provechoso.

Aplicando el mismo razonamiento a la producción de maíz, tabla 8 y figura 6, se observa fácilmente que el nivel cuarto, o sea, 800 Kg. de fertilizante por Ha. es el más ganancial.

Consideraciones Generales:

Las conclusiones a que hemos arribado anteriormente son indudablemente de primordial importancia para aquellos casos en que el productor no tiene restricción en el uso de capital. Sin embargo, en la América Latina las limitaciones de éste constituyen obstáculos de primerísimo orden, por lo que debemos hacer algunas consideraciones desde este ángulo.

En las tablas 6, 7 y 8, en la última columna, se ha calculado el ingreso promedio añadido por el último lempira invertido en fertilizante, dividiendo la columna correspondiente al ingreso añadido por efecto de los 200 Kg. de fertilizante últimos entre los valores de la columna que muestra el costo añadido por unidad de insumo. Se puede observar una marcada diferencia en la eficiencia de los lempiras invertidos entre las diferentes situaciones de nuestros experimentados. A los efectos de obtener la mayor ganancia posible en una situación de limitación de este factor de producción, el mismo debe ser empleado en tal forma que el ingreso adicional por la última unidad invertida sea igual en todos los usos.

Por medio de un ejemplo, ilustremos las diferencias en cuanto a la importancia de la eficiencia en el uso del capital en situaciones de limitaciones de éste. Supongamos que un productor, operando bajo las condiciones establecidas para nuestro caso del maíz, ha sembrado 50 Ha. de dicho cultivo y se encuentra con que sólo puede disponer de L 5,000.00 para invertir en fertilizante. Operando bajo el principio explicado para el nivel más ganancial, sin tener en cuenta sus limitaciones a este respecto, dicho productor fertilizará al nivel cuarto, o sea, 800 Kg. por Ha. y tendremos:

Ingresos por Efectos del Fertilizante:

Ingreso nivel de 800 Kg./Ha. (Tabla 5)	L	702.90		
Menos: Ingreso nivel 0. (Tabla 5)	L	284.59	L	418.31
Ingresos totales por efectos del fertilizante (25 Ha., a L 418.31/Ha.)	L		L	10,457.75

Costos de Fertilización:

Costo total de fertilización 25 Ha. a 800 Kg./Ha. (25 x L 224.00)			L	5,600.00
Ganancia total sobre fertilización			L	4,857.75

En otras palabras, se obtendría una ganancia total sobre fertilización de I. 4.857.75 por el uso de sus L 5,600.00 disponibles.

Sin embargo, consideremos que el mismo productor tome en cuenta sus condiciones de limitaciones en capital y decida tomar ventajas de las primeras unidades de fertilizante aplicadas a su maíz, las cuales producen ingresos mayores por lempira invertido, y por tanto fertiliza 25 Ha. a nivel 1, o sea, 200 Kg./Ha. y 25 Ha. a nivel 3, o sea, 600 Kg./Ha., con el siguiente resultado:

Ingresos por Efectos de Fertilizantes:

Ingreso nivel de 200 Kg./Ha. (Tabla 5)	L	424.25		
Menos: Ingreso nivel 0. (Tabla 5)		284.59	L	139.66
Ingreso total para nivel de 200 Kg./Ha.			L	3,491.50
(25 Ha. a L 139.66/Ha.)				
Ingreso nivel de 600 Kg./Ha. (Tabla 5)	L	642.84		
Menos: Ingreso nivel 0. (Tabla 5)	L	284.59	L	358.25
Ingreso total para nivel de 600 Kg./Ha. (25 Ha. a L 358.25 Ha.)			L	8,956.25
Ingresos totales por efectos del fertilizante			L	12,447.75
<i>Costos de Fertilización:</i>				
25 Ha. a 200 Kg./Ha. (25 x L 56.00)	L	1,400.00		
25 Ha. a 600 Kg./Ha. (25 x L 168.00)		4,200.00	L	5,600.00
Ganancia total sobre fertilización			L	6,847.75

Es evidente la ventaja de este razonamiento, ya que con la misma inversión disponible, L 5,600.00, se obtendrá una ganancia total sobre fertilización de L 6,847.75. Desde luego que ello en forma alguna resta significancia a nuestra aplicación del Principio de Márgenes Iguales, pues él tiene toda su validez en el caso de no haber limitaciones en los factores de producción.

Resulta indudable que en nuestra ilustración simplificamos el problema al máximo, sin entrar en consideraciones tales como la posibilidad de efectuar sólo parte de la inversión en siembra de maíz, teniendo en cuenta otros costos e inversiones alternativas en la finca, ya que nuestro objetivo fue solamente hacer resaltar la importancia de las aplicaciones de los principios económicos fundamentales en experimentos como los efectuados en este caso. Situaciones de ese tipo, conjuntamente con otros factores no menos importantes, tales como riesgos, efectos residuales de los fertilizantes, etc., deben ser estudiados en análisis económicos más completos.

Recomendación:

A los efectos de poder obtener determinaciones económicas más rigurosamente exactas, sería aconsejable reducir apreciablemente las unidades de fertilizante que se usen en experimentos de este tipo. En nuestros casos, si hubiéramos empleado unidades menores de 200 Kg., se hubiera podido obtener niveles de fertilizaciones aún más precisos desde el punto de vista económico.

SUMARIO

Aunque los niveles más económicos determinados para estos experimentos en fertilizaciones: 800 Kg./Ha. para la papa, 600 Kg./Ha. para el algodón y 800 Kg./Ha. para el maíz, se refieren a las condiciones en ellos especificadas, sin lugar a dudas, quedan resaltadas las implicaciones económicas que se pueden derivar cuando se utilicen estos mismos razonamientos en otras cualesquiera situaciones. Quizás un punto medular en este estudio sea el análisis referente al uso más eficiente del capital considerando posibilidades de fertilización, tanto en actividades diferentes como dentro de una misma actividad o cultivo. Desde luego que debemos significar que aunque en el caso de la papa, bajo nuestras condiciones, se pudiera obtener hasta un ingreso promedio de L 32.07 por hectárea invertido en fertilización, empleando el nivel de 400 Kg. de fertilizante por Ha., debe tenerse en mente que una porción importante de dicha alta eficiencia fue debida al empleo de riego en este cultivo.

OBRAS CONSULTADAS

1. AWAN A. B. The effect of fertilization on potato yields. *Ceiba* vol. II, 1:18-21. 1965.
2. BOUYOCOS, G. J. The hydrometer method of studying soils. *Soil Sci.* 25:365-369. 1928.
3. GREWELING, T. and PEECH, M. Chemical soil tests. Cornell Univ. Agri. Expt. Sta. Bull 960. 1960.
4. JACKSON, M. L. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. 1958.
5. SALAZAR, J. R. Fertilización del Maíz N-P-K 1959-61. Sección de suelos. Dirección General de Investigaciones Agronómicas, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Santa Tecla, El Salvador.