44482

ANALIZADO

Eficiencia agronómica y económica de la fertilización en el cultivo de papa

Fernando Colorado[1]

Estado del arte de la investigación

"-La evolución del sector se veía favorable según las cifras que citaba el director económico de la SAC, Carlos Augusto Del Valle. No obstante, había que analizar el cultivo de la papa, el más común en el Páramo de Guerrero. «Vemos que el tema de los costos es el que más ha afectado», asintió Del Valle ante las opiniones expresadas por los asistentes, todos productores del tubérculo. También resaltó la afectación por la tasa de cambio. «Cuando sube el dólar, los insumos importados se vuelven más costosos y, a la inversa, cuando éste baja se espera que sean más baratos. Pero no, siguen más caros. La baja del dólar no se ha reflejado todavía en los costos de producción».

El presidente de la Federación Colombiana de Productores de Papa (Fedepapa), Augusto Del Valle Estrada, presente en el auditorio, intervino: «Desde agosto pasado, está subiendo el precio de los fertilizantes y la papa se mantiene a buen precio. Se juntaron los dos factores. Como suben los fletes, se están escaseando el fósforo y el nitrógeno. Pero haya o no haya insumos, aquí siembran».

Un agricultor, en el costado opuesto a la puerta, también terció en el debate. «Lo que pasa es que uno no hace las cuentas desde el principio, porque si las hace se vuelve loco», dijo el agricultor Eurípides Rodríguez.

La profesora de manejo contable continuó, sin embargo: «El recibo de caja me sirve para saber cuánto vendí y a quiénes. Estos registros nos van a servir para tomar las decisiones». Afuera, en los alrededores de la Escuela, se escuchaban algunos perros ladrar.

Los productores deben valorar los costos de producción y el ingreso justo que se merecen por su trabajo, indicó el director económico de la SAC, Carlos Del Valle. «Al comparar los dos aspectos pueden saber si están ganando o perdiendo y, por tanto, qué decisiones toman», precisó.

El seminario, realizado por la SAC y el SENA a finales de marzo de 2004 incluyó un ejercicio de costos, que en el caso de la papa reveló inversiones de cinco millones de pesos por fanegada para un ingreso de cuatro millones de pesos, es decir, 25% menos de lo que se invirtió.-"

Con está introducción tomada del diario La República se quiere manifestar la importancia que tiene el análisis de costos sobre la actividad productiva y la relación que tiene la fertilización con la rentabilidad del cultivo.

El cultivo de papa en Colombia ha gozado de buena investigación debido principalmente, entre otros factores, a que hace parte de Sistemas de Producción típicos en Colombia, es un producto de la canasta familiar y a que es generador de empleo. Se han adelantado trabajos en manejo fitosanitario, fertilización, caracterización de suelos, producción de material de propagación, entre muchos otros temas de investigación. En Colombia,

[1]Ing. Agr., Esp. Docente Investigador. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. fcolorad@udca.edu.co

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

Instituciones como Fedepapa, Corpoica, ICA, Universidades como la Nacional de Bogotá, la U.D.C.A., la U.P.T.C. en Tunja, la Universidad de Nariño, algunos investigadores como los Drs. Hugo Castro, Héctor Villamil, Rodrigo Lora, Hugo Ruíz e ing. Pedro Porras, se han ocupado del tema de nutrición y fertilización del cultivo de papa.

Cada una de las personas y entidades arriba mencionadas han llevado y vienen adelantando investigaciones en este componente del sistema productivo ya que es uno de los que más costos genera y donde hay investigación abierta.

A continuación paso a enumerar algunos de los trabajos que se vienen llevando a cabo, corriendo el riesgo de dejar otros por fuera:

1. Diagnóstico de la fertilidad de los suelos paperos del Departamento de Boyacá, con base en los análisis químicos del laboratorio de suelos de la facultad de ciencias Agropecuarias de la U.P.T.C.
2. Evaluación de alternativas para aumentar la eficiencia de fertilización fosfórica en el cultivo de la papa. José Miguel Cotes Torres, Carlos Eduardo Ñústez López, Sonia Lucía Navia.
3. Suelos y nutrición en el cultivo de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk). Rodrigo Lora Silva.
4. Análisis económico de la utilización de insumos en el cultivo de papa. Fernando Colorado López.

En la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. se está realizando desde el año 1999 un proyecto de investigación encaminado a trabajar tres puntos importantes en este sistema productivo y en el componente nutricional: suelos andinos, fuentes fertilizantes y especie de papa. El Anexo 1 es un cuadro resumen de algunos de estos trabajos con los resultados obtenidos.

Las siguientes tablas muestran algunos resultados obtenidos sobre el uso de fertilizantes, la eficiencia agronómica obtenida y un acercamiento a la evaluación económica:

Tabla 1. Efecto de la aplicación foliar y al suelo de boro sobre papa criolla en un andisol de la Calera, Cundinamarca. 2003

Tratamiento			Cantidad de producto ($Kg \cdot ha^{-1}$)	Ingresos (Miles de pesos)	Producto Marginal ($Kg \cdot ha^{-1}$)	Valor de Producto Marginal (Miles de pesos)	Costos Variables (Miles de pesos)	Utilidad Marginal (Miles de pesos)
1	0*		6220	3981	0			
2	0.20%**	Fertilizante A foliar	10000	6400	2419	1548.16	16	1532.16
3	0.40%	Fertilizante A foliar	9560	6184	2203	1409.92	32	1377.92
4	0.20%	Fertilizante B foliar	10450	6668	2687	1719.68	33.3	1686.38
5	0.40%	Fertilizante B foliar	14890	9529	5548	3550.72	66.8	3483.92
6	0.36%	Fertilizante C suelo	6890	4409	428	273.92	34.3	239.62
7	0.72%	Fertilizante C suelo	7333	4693	712	455.68	65.5	390.18
8	1.08%	Fertilizante C suelo	8670	5550	1569	1004.16	102.8	901.36
9	0.36%	Fertilizante D suelo	8780	5620	1639	1048.96	6.5	1042.46
10	0.72%	Fertilizante D suelo	6780	4340	359	229.76	13	216.76
11	1.08%	Fertilizante D suelo	7560	4840	859	549.76	19.5	530.26

* Indica el tratamiento sin aplicación foliar con boro
**Indica la concentración de boro dentro de la solución de acuerdo al tratamiento

Tabla 2. Comportamiento de la papa criolla a dosis de Ca y B en un suelo de Cundinamarca. 2002.

Tratamiento			Cantidad de producto (Ton·ha^{-1})	Ingresos (Miles de pesos)	Producto Marginal (Ton·ha^{-1})	Valor de Producto Marginal (Miles de pesos)	Costos Variables (Miles de pesos)	Utilidad Marginal (Miles de pesos)
No	Boro	$CaNO_3$						
1	0	0	23.6	7434	5.6	1764	0	1764
2	0	75 **	29.2	9198	0.5	157.5	90.375	67.125
3	0	150	24.1	7591.5	6.6	2079	180.75	1898.25
4	0	225	30.2	9513	0.4	126	271.1	-145.1
5	0.5% *	0	24	7560	6.6	2079	17.5	2061.5
6	0.5%	75	30.2	9513	0.4	126	107.9	18.1
7	0.5%	150	24	7560	-0.3	-94.5	198.3	-292.8
8	0.5%	225	23.3	7339.5	-10.9	-3433.5	288.6	-3722.1
9	1%	0	12.7	4000.5	-2	-630	35	-665
10	1%	75	21.6	6804	1.1	346.5	125.3	221.2
11	1%	150	24.7	7780.5	5.9	1858.5	215.7	1642.8
12	1%	225	29.5	9292.5	1.4	441	306.1	134.9
13	1.5%	0	25	7875	-6.9	-2173.5	52.5	-2226
14	1.5%	75	16.7	5260.5	0.3	94.5	143	-48.5
15	1.5%	150	23.9	7528.5	-3.5	-1102.5	233.2	-1335.7
16	1.5%	225	20.1	6331.5				

*Indica la concentración de boro dentro de la solución de acuerdo al tratamiento
**Cantidad de Ca en Kgha^{-1}

Las tablas se trabajaron bajo el concepto de Utilidad Marginal, donde se cuantificó el Ingreso Marginal obtenido por la utilización del fertilizante y el costo de implementar la práctica para obtener la diferencia. Sin embargo, el análisis se queda corto debido a que no se tienen en cuenta otros factores que pueden estar afectando el resultado final, como son mercados inestables, variabilidad en los sistemas de producción, ecofisiología del cultivo asociada, entre otros.

El análisis económico que se presenta a continuación se basó en un estudio realizado durante un espacio de tiempo de tres años en el municipio de Cogua, Cundinamarca, trabajando fertilización química con dos fuentes fertilizantes a dosis variables en el cultivo de papa criolla.

De la metodología empleada se destacan los siguientes puntos:

Se utilizaron dos fuentes: 13-26-6 y 10-30-10, fertilizantes paperos por excelencia.
Se tomaron los *costos de producción* del cultivo durante cinco ciclos de cosecha,
Estimando períodos futuros.
Los ingresos se pronosticaron de acuerdo a técnicas de *series de tiempo*.
Se tuvo en cuenta el *costo de oportunidad* del dinero, de acuerdo a tasas de interés representativas de mercado.
Se construyeron funciones de producción para ambas fuentes, para comprobar los rendimientos decrecientes.
Igualmente, como resultados puntuales, se elaboró un análisis marginal.
Se construyeron estados financieros durante los cinco períodos y se aplicaron los indicadores financieros.
Se realizó *análisis de sensibilidad* variando la fuente de financiamiento del productor.
Se trabajó con productores pequeños.

Tabla 3. Rendimiento de la papa criolla a diferentes dosis de fertilizante 13- 26-6. Factibilidad Económica y Financiera de un cultivo de papa criolla (*Solanum phureja*) con aplicaciones de NPK en el municipio de Cogua, Cundinamarca. (Pérez, Y; Riaño, A; Colorado, F. 2001)

Tratamiento	Dosis ($Kg\ ha^{-1}$)	Rendimiento ($ton\ ha^{-1}$)	Tamaño (%)		
			Primera	Segunda	Tercera
Testigo	0	19.42	48	39	13
T1	200	18.15	38	45	17
T2	400	18.87	51	34	15
T3	600	19.94	49	31	20
T4	800	22.37	64	29	7
T5	1000	27.06	47	39	14
T6	1200	23.92	56	35	9
T7	1400	26.23	69	26	5

De la tabla se pueden destacar varios puntos:

1. La fertilización aumenta los rendimientos del cultivo.

2. Dichos rendimientos están cuantificados por tamaños ya que en el análisis se debe tener en cuenta la diferencia de precios según la calidad.

3. Es la base del análisis: de ella parte el análisis marginal y las funciones de producción que se presentan a continuación.

La Tabla 4 muestra el análisis marginal para el fertilizante 13-26-6. Es importante resaltar: a) las dosis utilizadas en el estudio apuntan a investigar sobre la cantidad necesaria de fertilizante que se requiere en el cultivo, b) el ingreso se calculó con precios de mercado y teniendo en cuenta la calidad de la producción y c) para la construcción de los costos se tuvieron en cuenta tres puntos de vista: los incurridos en el estudio, los consultados de fuentes secundarias como la Federación que agrupa los productores y fuentes primarias como lo son los productores de la zona.

Tabla 4. Análisis Marginal. Factibilidad Económica y Financiera de un cultivo de papa criolla (*Solanum phureja*) con aplicaciones de N P K en el municipio de Cogua, Cundinamarca. (Pérez *et al.*, 2001)

Tratamiento	Dosis	Rendimiento	Ingreso Total	Producto Marginal	Valor Prod Marginal	Costo Marginal	Costo Fijo	Costo Total	Ingreso Neto
	$Kg\ ha^{-1}$	Cargas							
0	0	155.5	7982	0	0	0	4153	4153	3829
1	200	145	7460	-10.5	-522	120	4153	4273	3187
2	400	151	7756	6	296	240	4153	4393	3363
3	600	160	8195	9	439	360	4153	4513	3682
4	800	179	9194	19	999	480	4153	4633	4561
5	1000	217	11122	38	1928	600	4153	4753	6369
6	1200	191.5	9831	-25.5	-1291	720	4153	4873	4958
7	1400	210	10781	18.5	950	840	4153	4993	5788

A la luz de este análisis, el tratamiento 5 resultó ser el mejor debido a que el valor del producto marginal fue mayor al costo marginal y se dio el mayor ingreso neto.

Las siguientes figuras describen el comportamiento de la producción cuando se varió el nivel de 13-26-6 utilizado en el estudio. La figura 1 indica el grado de polinomio que se alcanza para que la ecuación describa adecuadamente el comportamiento de la variable rendimiento, gracias a la influencia de la fertilización; mientras que la figura 2 muestra la misma función de producción, pero explicada por un modelo diferente, ya que la función es lineal.

El primer modelo indica el ideal de la relación entre las dos variables, de difícil aplicabilidad porque hay que recordar que hay otros factores que inciden en la respuesta del cultivo, factores que no están siendo explicados por la ecuación; mientras que el segundo modelo es el que normalmente se toma. La importancia de construir estos modelos radica en el hecho que permiten ver la relación existente entre variables de estudio o dependientes con variables independientes o de *prueba*, en este caso rendimiento de un cultivo a dosis variables de un fertilizante. Estadísticamente es importante y válido visualizar esta información, aunque llevada a la práctica o campo hay que tener cuidado a la hora de interpretarla y utilizarla en decisiones de investigación y producción.

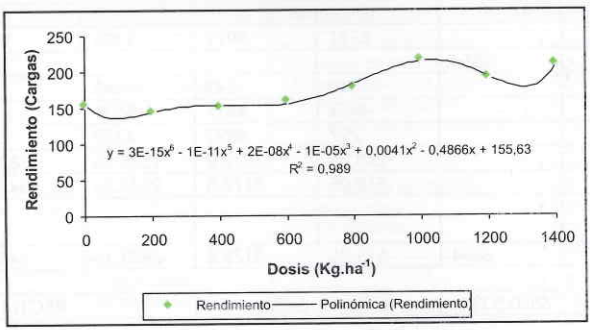

Figura 1. Modelo matemático polinomial y gráfica que describe el comportamiento del rendimiento de papa criolla a dosis variables de fertilizante 13-26-6.

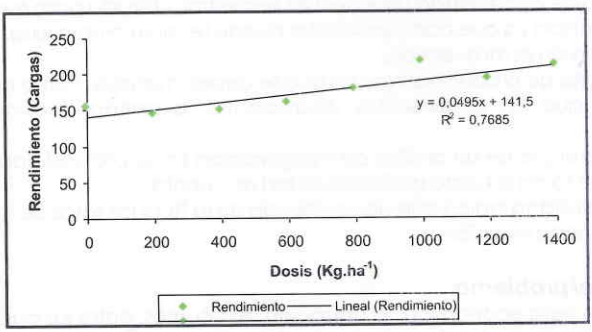

Figura 2. Modelo matemático lineal y gráfica que describe el comportamiento del rendimiento de papa criolla a dosis variables de fertilizante 13-26-6.

Los modelos matemáticos se pueden utilizar para estimar comportamientos: hay que tener cuidado al manejarlos por el alcance limitado de los mismos, ya que existen factores controlables que no cubre el modelo y factores no controlables que introducen sesgos importantes.

Hasta este punto el estudio no difiere de un análisis marginal. Ahora se presenta información del análisis económico donde, como fortaleza, se evaluó la inversión en fertilización con su costo de oportunidad.

La Tabla 5 sintetiza los estados financieros aplicados al cultivo durante cinco períodos en un Flujo de Fondos Financieros y el resultado de los Indicadores Financieros.

Tabla 5. Flujo de Fondos Financieros. Factibilidad Económica y Financiera de un cultivo de papa criolla (*Solanum phureja*) con aplicaciones de NPK en el municipio de Cogua, Cundinamarca. (Pérez *et al.*, 2001) (En miles de pesos)

Flujo	0	1	2	3	4	5
Ingresos		5791	9912	9405	10533	9743
Capital Trabajo	-3854					
Costos Fijos		-540	-543	-545	-543	-543
Costo Variables		-4454	-4477	-4501	-4701	-4479
U.A.I.		797	4892	4359	5289	4721
Impuestos		-278.95	-1712.2	-1525.65	-1851.15	-1652.35
U.D.I.		518.05	3179.8	2833.35	3437.85	3068.65
Recuperación del capital de trabajo						3854
FNE	-3854	518.05	3179.8	2833.35	3437.85	6922.65

VPN (14%) = 6590.5039	TIR = 54%	RBC(14%) = 2.710043

Comentarios:

El estudio demostró las posibilidades de la fertilización ya que los indicadores financieros así lo dicen.
La tasa de interés de oportunidad (TIO) del 14% semestral, utilizada para evaluar la inversión, es solo una referencia ya que cada productor puede tener su propia tasa, anotando que a mayor TIO la inversión es más sensible.
Los costos variables de producción son los que se deben manejar, como en este caso de la fertilización, ya que en rendimientos decrecientes la rentabilidad del cultivo se ve afectada.
El estudio se diferencia de un análisis de marginalidad en su profundidad, detalle, que es económico y que toma el Costo de Oportunidad en cuenta.
El análisis de sensibilidad indicó que dependiendo de la TIO y las tasas de interés crediticias, es factible financiar la inversión.

Identificación del problema

Desde el punto de vista económico, la utilización de insumos, entre los que se destacan los fertilizantes, los sistemas de producción asociados a la papa y las prácticas de cultivo, han llevado a que en Colombia se presente un problema de incompatibilidad entre la utilización de fertilizantes y la rentabilidad esperada, entre otras causas por:

Alto costo de los fertilizantes de síntesis química e ineficiencia en el uso del análisis de suelo.
Baja eficiencia de la planta para la absorción de nutrientes de la solución del suelo.
Suelos andinos asociados a deficiencias nutricionales.

- **Suelos andinos asociados a deficiencias nutricionales.**
- **Diferentes sistemas de producción y diferentes productores, dando origen a paquetes tecnológicos y resultados esperados diversos.**
- **Ecosistemas diversos.**
- **Estacionalidad marcada de los precios del producto final.**
- **Transferencia de tecnología no actualizada.**
- **Carencia de análisis económicos.**

Necesidades de investigación

La siguiente es una matriz sugerida para encaminar la investigación en esta área durante los próximos años:

Investigación	Escenario de tiempo	Justificación	Impacto esperado
Evaluación agronómica y económica del análisis de suelo como herramienta de fertilización en sistemas de economía campesina	Mediano plazo Entre 3 y 5 años	• Poca implementación • Repercusión en los costos y en la eficiencia de la fertilización	• Racionalidad • Manejo del suelo • Economía
Estudio de la relación entre los agroecosistemas paperos y los sistemas de producción del cultivo existentes desde el punto de vista de la nutrición	Mediano plazo Entre 3 y 5 años	• Vocación de los suelos • Material de propagación • Sistemas de producción • Limitantes del cultivo • Vocación de los lotes entre especies	• Caracterización agroecosistemas • Eficiencia de la fertilización • Vocación de la finca y del productor
Adopción, evaluación e implementación de un sistema de BPA en el cultivo de papa de acuerdo al mercado del producto	Largo plazo Entre 5 y 10 años	• Uso racional de insumos • Normatividad • Externalidades	• Medio ambiente y valor agregado • Especialización de los productores • Cadena productiva
Análisis económico del cultivo de papa con relación a la utilización de insumos	Largo plazo Entre 5 y 10 años	• Análisis de costos • Alternativas • Sistemas de producción	• Toma de decisiones • Rentabilidad

Anexo 1

Cuadro resumen de la investigación en nutrición de papa que se viene llevando a cabo en la U.D.C.A.

Trabajo	Autores	Año	Objetivos	Resultados
Respuesta de la papa criolla a la aplicación de N y S en el departamento de Cundinamarca	Rodrigo Lora Ricardo Guerrero Riascos. U.D.C.A. Monómeros Colombo-Venezolanos	1999	• Determinar el efecto de cada una de las dosis de N y S sobre el rendimiento total del tubérculo • Establecer la relación N/S adecuada	• 120 Kg·ha^{-1} de N • 20 Kg·ha^{-1} de S
Efecto a la aplicación del grado fertilizante 12-34-12 sobre rendimiento y calidad de papa criolla en un Humic Pachif Dystrudept de Cundinamarca	Rodrigo Lora U.D.C.A	2002	• Establecer la dosis adecuada del grado 12-34-12, bajo las condiciones del suelo en estudio. • Obtener la RBC	• 450 Kg·ha^{-1} del fertilizante para 19 ton·ha^{-1}
Efecto de dosis y relaciones de N, P_2O_5 y K_2O sobre el rendimiento y la calidad en papa criolla	Rodrigo Lora Miltón Perez U.D.C.A	2003	• Evaluar el efecto sobre la calidad y rendimiento de las relaciones N, P_2O_5 y K_2O bajo los grados 2:4:1, 1:3:1, 1:2:2 y 1:1:1 • Realizar el análisis económico de las interacciones	• 13-26-6 (2:4:1) con dosis de 750 y 1000 Kg·ha^{-1} • Análisis con base en funciones de producción
Respuesta de la papa criolla a fuentes y dosis de abono orgánico y a un fertilizante mineral	Rodrigo Lora Marco Cabezas U.D.C.A	2003	• Encontrar la dosis más adecuada de los diferentes abonos empleados. • Realizar la correspondiente evaluación económica	• 750 Kg·ha^{-1} de 13:26:6 • 3 Kg·ha^{-1} de gallinaza • Análisis marginal
Efecto de la dosis y la fuente de N en el rendimiento y la calidad de papa para industria en la variedad Diacol Capiro	Rodrigo Lora Héctor Villamil U.D.C.A. Congelagro	2004	• Determinar y evaluar la dosis y la fuente adecuada de dos fertilizantes nitrogenados en rendimiento y calidad • Evaluar económicamente la RBC en la dosis del N	• Nitrato de amonio a dosis de 300 Kg·ha^{-1} de N
Aplicación de diferentes dosis de P y efecto en la calidad y el rendimiento de la papa R 12 negra	Rodrigo Lora Héctor Villamil U.D.C.A. Congelagro	2004	• Determinar la dosis óptima de P aplicada al suelo en forma de P_2O_5 que permita alcanzar el máximo rendimiento en R 12 negra • Establecer la RBC	• 420–700 Kg·ha^{-1} de P_2O_5 • RBC: 280 Kg·ha^{-1} de P_2O_5
Comportamiento de la papa criolla a la aplicación de elementos menores en suelos de la serie Bermeo	Rodrigo Lora Imelda Montañez U.D.C.A.	2004	• Determinar el efecto en rendimiento total a la aplicación de Fe, Cu, Mn, Zn, B y Mo. • Realizar Análisis Marginal	• Efecto significativo de los tratamientos con B y Zn sobre las variables rendimiento y calidad • Mejor RBC con B
Factibilidad económica y financiera de un cultivo de papa criolla con aplicaciones de N, P, K en el municipio de Cogua, Cundinamarca	Fernando Colorado U.D.C.A.	2001	• Establecer una estructura de costos que relacione Factor-Producto • Establecer Funciones de Producción y de Ingresos • Evaluar la Rentabilidad	• Técnicas de análisis de precios y uso de estados financieros • Construcción de funciones polinómicas • Realización de un Análisis Integral económico