

## USO Y MANEJO DE FERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN COSTA RICA<sup>1</sup>

Michael T. Jackson\*, Luis F. Cartin\*\*  
y Jorge A. Aguilar\*

### ABSTRACT

Use and management of fertilizers in potato (*Solanum tuberosum*) in Costa Rica. Five field trials were planted between May and July 1979 in farmers' fields on the slopes of the Irazú Volcano, between 2000 and 2950 m, in Costa Rica, to study the use of fertilizers in potato cultivation. Fertilizer levels were 0 to 2860 kg/ha of either 10:30:6 or 12:24:12 plus the farmer's rate, depending upon which formula was used by each farmer. In one trial, the fertilizer was divided at planting and earthing-up; all fertilizer was applied at planting in the other four. All other practices were managed by each farmer. At harvest, yield samples were taken from the farmers' commercial plantings for comparison.

Higher potato yields were generally obtained with fertilizer rates lower than those commonly used by the farmers. The placement of the fertilizer at the bottom of the furrow at planting below the seed tubers was an important production factor. In nutrient-rich soils, there was no significant response to fertilizer applications. Where ecoclimatic conditions are more extreme, at the highest elevations, and where the growth of the potato crop is longer, plants benefit from a split fertilizer application. Nevertheless, this farmer's practice can be improved and costs reduced. A simple economic analysis is presented.

### INTRODUCCION

La papa es un alimento de alto valor nutritivo (4). Sin embargo, no es un alimento básico en Centro América como lo son el maíz, el arroz y el frijol. El costo de la papa en Costa Rica y otros países de la región, es alto debido a los elevados costos de producción. En una encuesta realizada en febrero de 1979, en la zona papera de Costa Rica, que se encuentra en las faldas del Volcán Irazú, se encontró que muchos agricultores generalmente aplican dosis elevadas de fertilizantes, entre 2000 y 4000 kg/ha. Las fórmulas más comunes

fueron 10:30:10, 10:30:6 y 12:24:12. Los suelos son derivados de cenizas volcánicas, muchas de origen reciente.

Durante muchos años, se han realizado estudios de fertilización de papa, en los cuales se determinó que hubo una respuesta a fósforo, y poca a potasio (1, 5, 6, 7, 8). En un estudio sobre la interacción fósforo-zinc en el cultivo de la papa, Chaverri y Bornemisza (3) determinaron que el nivel óptimo económico de fósforo fue 480 kg/ha, que es inferior al empleado rutinariamente (720 kg/ha), y sugirieron una reducción casi de la mitad. No obstante, los agricultores siguen usando dosis elevadas.

Además, se encontró en la encuesta que muchos agricultores emplean la misma fórmula de fertilizante a la siembra y al aporque. Un factor adicional es que muchos de ellos aplican el fertilizante sobre la semilla, y no al fondo del surco. La tecno-

<sup>1</sup> Recibido para su publicación el 1 de setiembre de 1980.

\* Horticultor y Asistente Técnico, Centro Internacional de la Papa, c/o CATIE, Turrialba.

\*\* Fitopatólogo, Encargado Programa de Papa, Depto. Fitopatología, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica.

logía utilizada por los agricultores se puede mejorar con cambios en sus prácticas corrientes, con poco o ningún costo adicional. Además, pueden reducirse los costos, optimizando la productividad del cultivo de la papa. El objetivo principal de este estudio fue optimizar el rendimiento económico de la papa por unidad de superficie.

### MATERIALES Y METODOS

Se ejecutaron cinco ensayos desde mayo a diciembre de 1979, los cuales estuvieron localiza-

la siembra en el fondo del surco, y el resto en una banda en la superficie del suelo, al aporque, a 64 días de la siembra (Ensayo No. 5).

Se cosecharon solamente los tres surcos centrales de cada parcela. Además se cosecharon tres parcelas del mismo tamaño de la siembra comercial de cada agricultor. La selección de los tubérculos entre papa comercial y para semilla la hicieron los agricultores solamente en dos de los ensayos (No. 1 y 2).

**Cuadro 1. Ubicación y características de los ensayos en las faldas del Volcán Irazú, Provincia de Cartago, Costa Rica**

Ensayo	Ubicación	Altitud (msnm)	Fórmula de fertilizante	Densidad de siembra	Siembra-cosecha (días) <sup>1</sup>
1	La Parcelación	2020	12:24:12	0,60 x 0,20 m	148
2	Potrero Cerrado	2100	12:24:12	0,70 x 0,25 m	200
3	Llano Grande	2200	10:30:6	0,70 x 0,25 m	137
4	Barona	2750	12:24:12	0,70 x 0,25 m	155
5	San Juan de Chicué	2950	10:30:6	0,75 x 0,20 m	205

1. En todos hubo madurez natural del cultivo; los agricultores dejaron la papa en el suelo por un tiempo antes de la cosecha, dependiendo del precio en el mercado.

dos en fincas de agricultores, a una altitud de 2000 a 2950 msnm, en el Volcán Irazú, Provincia de Cartago (Cuadro 1).

El diseño experimental fue el de bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada ensayo tuvo cinco tratamientos de 0,715, 1430, 2145 y 2860 kg/ha de la fórmula de fertilizante de cada agricultor (10:30:6 ó 12:24:12), más su dosis si fue diferente. El tamaño de las parcelas fue de 8 m de longitud por cinco surcos. Las distancias entre surcos y plantas variaron según la práctica de cada agricultor (Cuadro 1). En todos los ensayos se sembró el cultivar Atzimba. Durante el crecimiento del cultivo, cada agricultor se hizo cargo de combatir las enfermedades y plagas y cuidar del ensayo en la misma forma como su siembra comercial. Antes de la siembra se tomó una muestra de suelo para análisis químico.

Las aplicaciones del fertilizante se realizaron en la siguiente forma: a) todo el fertilizante a la siembra, colocado en el fondo del surco debajo de la semilla (Ensayos No. 1, 3, 4); b) todo el fertilizante a la siembra, sobre la semilla (Ensayo No. 2); c) aproximadamente tres cuartos del fertilizante a

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### Análisis del suelo

Los resultados de los análisis de suelo de los cinco ensayos mostraron que la mayoría tuvo un contenido alto de fósforo y un contenido mediano a muy alto de potasio (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Niveles de fósforo y potasio de los suelos donde se sembraron los ensayos**

Ensayo	Ubicación	Fósforo <sup>1</sup> μg/ml	Potasio meq/100 ml de suelo
1	La Parcelación	5,5	0,98
2	Potrero Cerrado	90,0	1,06
3	Llano Grande	67,5	1,16
4	Barona	2,5	0,30
5	San Juan de Chicué	70,0	0,27

1. determinados por el método de Olsen Modificado; no se determinó la materia orgánica.

#### Rendimiento

En dos de los ensayos (No. 2 y 3), donde el estado nutricional del suelo fue más alto, no hubo res-

Cuadro 3. Rendimientos de los ensayos y comparación con las siembras comerciales de cada agricultor (t/ha)

Fertilizante aplicado kg/ha	Rendimiento total t/ha				
	Ensayo 1 12:24:12	Ensayo 2 12:24:12	Ensayo 3 10:30:6	Ensayo 4 12:24:12	Ensayo 5 10:30:6
0	17,59a	39,15a	8,69a	3,15a	19,65 c
715	28,94 b	43,02a	8,91a	12,78 b	13,24a
1430	29,17 b	36,27a	11,07a	15,93 c	17,65ab
1788	—	33,93a	10,49a	—	—
2145	26,39 b	38,48a	7,65a	17,55i cd	14,93ab
2503	—	—	—	—	28,52 d
2860	25,69 b	37,80a	9,00a	19,44d	17,10abc
CV%	13,8	19,3	24,6	25,3	10,8
Dosis de fertilizante del agricultor (kg/ha)	1430	1788	1788	3218	2503
Rendimiento (t/ha)	23,61	32,92	5,58	18,18	24,48

Los valores dentro de cada columna que tengan una misma letra, no difieren significativamente entre sí, según la Prueba de Duncan, 5 %.

puesta a la aplicación de fertilizantes (Cuadro 3). En el ensayo No. 1, hubo respuesta al fertilizante, pero no hubo diferencias significativas entre 715 y 2860 kg/ha de fertilizante aplicado (12:24:12). Comparando el rendimiento de la siembra comercial de cada agricultor y la dosis equivalente de cada ensayo hubo un incremento que varió entre 3 y 88%. En tres de ellos (No. 1, 3 y 5) este incremento se debe directamente al manejo y colocación del fertilizante debajo de la semilla. No hubo comparación directa para el ensayo No. 4. En este caso el mayor rendimiento se consiguió con una dosis de 2860 kg/ha de la fórmula 12:24:12 que fue equivalente a 343 kg/ha de nitrógeno, 686 kg/ha de  $P_2O_5$  y 343 kg/ha de  $K_2O$ . El agricultor obtuvo un menor rendimiento con una dosis más alta. Se sembró en terreno virgen donde no se había cultivado papa durante 25 años, y donde los niveles de fósforo fueron muy bajos, por lo que se explica la respuesta a la dosis alta. Sin embargo, el mayor rendimiento con una dosis menor que la del agricultor se puede deber también al manejo del fertilizante.

En el último ensayo (No. 5), el mayor rendimiento se obtuvo con una dosis igual a la del agricultor, aunque el rendimiento en el ensayo fue mayor. En este caso, se dividió el fertilizante a la

siembra y al aporque, según su práctica usando la fórmula de fertilizante para la segunda aplicación. La única diferencia entre su práctica y la del ensayo fue la colocación del fertilizante en el fondo del surco debajo de los tubérculos. En los otros tratamientos se aplicó todo el fertilizante a la siembra, en la misma forma. Este ensayo se sembró a 2950 msnm, en donde las condiciones ecoclimáticas son extremas, y el cultivo dura seis meses o más. Parece, bajo estas condiciones, que el cultivo se benefició de un abonamiento dividido. En los demás ensayos no se dividió el fertilizante, aunque todos los agricultores lo hicieron. En estos sitios parece que el abonamiento dividido no es tan favorable.

A pesar de eso, se confirmó la importancia de la colocación del fertilizante en el fondo del surco debajo de la semilla. Sin embargo, el buen estado nutricional del suelo compensó la colocación deficiente del fertilizante, como en el caso del ensayo No. 2.

En el Cuadro 4 se presenta un ejemplo de los análisis económicos, en los cuales se comparan los costos e ingresos de las siembras comerciales y de los ensayos. Como se varió solamente la dosis de fertilización, quedando los demás insumos iguales, no están incluidos en el análisis. Sin embargo, esto

Cuadro 4. Cambio en el beneficio económico neto relacionado con la fertilización, Ensayo No. 1.

	Siembra comercial del agricultor		Dosis			
	Fertilizante aplicado (kg/ha)	1430	0	715	1430	2145
Rendimiento comercial (tm/ha)	18,25	12,14	22,60	21,56	20,39	19,68
Ingreso (¢/ha)	70139	46654	86851	82855	78363	75630
Costo del fertilizante (¢)	3177	0	1588	3177	4765	6354
Beneficio económico neto (B.E.N.) (¢/ha)	66962	46654	85263	79678	73598	69276
Cambio en el B.E.N. comparado con la práctica del agricultor (¢/ha)	0	-20308	18301	12716	6636	2314

Nota: ¢8,54 = US\$1

no afecta la interpretación. Al momento de la cosecha, noviembre y diciembre, el precio de venta fluctuó mucho. En los análisis se usó un precio promedio de ¢3.843/t. No todos los agricultores hicieron una selección de papa comercial. El cambio en los beneficios económicos netos se resumen en el Cuadro 5. En cuatro de los ensayos hubo un beneficio económico neto mayor cuando la dosis del fertilizante fue menor comparado con la práctica del agricultor. En el otro caso, el mayor beneficio se explica por la forma de aplicación y colocación del fertilizante, aunque la dosis fue igual.

No fue al propósito de este estudio definir los niveles óptimos de N, P, y K, ni tampoco de presentar niveles óptimos de cada fertilizante usado por los agricultores. Las fórmulas de fertilizante

utilizadas por ellos no son ideales para el cultivo de la papa. Los agricultores tienen acceso solamente a estas fórmulas, por lo que es necesario hacer recomendaciones que tomen en cuenta este factor. Sin embargo, este estudio, realizado en fechas y alturas diferentes, demuestra que las cantidades empleadas por los agricultores son excesivas, y tienden a bajar la productividad del cultivo y a elevar los costos del mismo.

Muchos agricultores siguen haciendo un abonamiento dividido. Debido a que la mayor parte del fósforo aplicado se concentra en la parte superior del suelo, es más eficaz cuando se coloca en la zona de desarrollo de las raíces, porque contribuye al desarrollo temprano del cultivo y la tuberización (2). Entonces es recomendable la práctica de apli-

Cuadro 5. Comparación de los cambios en el beneficio económico neto.

Ensayo	Fórmula de fertilizante	Dosis de fertilizante (kg/ha)		Cambio en el beneficio económico neto (¢) comparado con la práctica del agricultor <sup>1</sup>
		Siembra comercial del agricultor	Ensayo - dosis con mayor beneficio económico	
1	12:24:12	1430	715	18301 <sup>2</sup>
2	12:24:12	1788	715	13878 <sup>2</sup>
3	10:30:6	1788	1430	21683 <sup>3</sup>
4	12:24:12	3218	2860	5252 <sup>3</sup>
5	10:30:6	2503	2503	15492 <sup>3</sup>

<sup>1</sup> asumiendo precio de venta = ¢3843/t

<sup>2</sup> basado en rendimiento comercial

<sup>3</sup> basado en rendimiento total

Nota: ¢8,54 = US\$1

car todo el fósforo y potasio necesarios usando la fórmula de fertilizante a la siembra, y no una parte al aporque como es práctica común. Para el desarrollo normal del cultivo se puede aplicar la cantidad suplementaria de nitrógeno en la siembra o al aporque, usando otra fuente del elemento, como urea o nitrato de amonio. Estas se consiguen fácilmente, y a un costo muy reducido comparado con el costo de una fórmula de fertilizante para aplicar la misma cantidad de nitrógeno.

En este estudio se investigó solamente un factor de la producción. Se usó una metodología muy simple, y fue fácil demostrar que los agricultores pueden mejorar significativamente la productividad del cultivo. El costo de los derivados del petróleo sube y simultáneamente el de los fertilizantes. Un problema general en el cultivo de la papa en Costa Rica es el mal uso de los diferentes insumos de producción que no están solamente relacionados con los fertilizantes. Es conveniente realizar la investigación a nivel del agricultor, para asegurarse de que los resultados de una tecnología mejorada sean transferidos de inmediato.

### RESUMEN

Se sembraron cinco ensayos entre mayo y julio de 1979, en fincas de agricultores en las faldas del Volcán Irazú, entre 2000 y 2950 msnm, Provincia de Cartago, Costa Rica, para estudiar el uso de fertilizantes en el cultivo de la papa. Las dosis aplicadas fueron de 0 a 2860 kg/ha de las fórmulas 10:30:6 ó 12:24:12, más la dosis usual del agricultor, dependiendo de la fórmula usada por cada agricultor. En uno de los ensayos se dividió el fertilizante a la siembra y al aporque; en los demás se aplicó todo a la siembra. Las demás prácticas fueron manejadas por cada agricultor según su costumbre. Se cosecharon muestras de las siembras comerciales.

Generalmente se obtuvieron rendimientos mayores con dosis de fertilizantes menores que las usadas por los agricultores. La colocación del fertilizante en el fondo del surco debajo de los tubérculos fue un factor importante en la producción. En suelos con niveles altos de nutrimentos no hubo respuesta significativa a la aplicación de fertilizantes. En las zonas más altas del volcán, donde las

condiciones ecoclimáticas son extremas, las plantas se benefician de un abonamiento dividido. Sin embargo, se puede mejorar esta práctica reduciendo los costos de producción. Se presenta un análisis económico simple en el cual se comparan los costos e ingresos.

### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a los agricultores de la Cooperativa Agrícola Industrial de Tierra Blanca de Cartago y al Ing. Washington Bejarano por su colaboración en la realización de este estudio; al Sr. Moisés Pereira por su asistencia técnica y al Ing. Roberto Díaz-Romeu por el análisis químicos de los suelos.

### LITERATURA CITADA

1. BIANCHINI G., R. Ensayos de fertilización química en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en Costa Rica. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1973. 61 p.
2. BEUKEMA, H. y ZAAG, D.E. VAN DER. Potato Improvement: Some Factors and Facts. International Agricultural Centre, Wageningen, The Netherlands, 1979. 224 p.
3. CHAVERRI, B.A. y BORNEMISZA, E. Interacción fósforo-zinc en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en la zona de Pacayas. *Agronomía Costarricense* 1:83-92. 1977.
4. KALDY, M.S. Protein yield of various crops as related to protein value. *Economic Botany* 26:142-144. 1972.
5. COSTA RICA. MINISTERIO DE AGRICULTURA E INDUSTRIAS. Memoria Anual. Sección de Papas, 1950. pp.175-178.
6. COSTA RICA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Memoria Anual. Sección de Papas, 1956. pp.24-25.
7. MIRANDA, H. Influencia del fósforo sobre el rendimiento de la papa en Costa Rica. Tesis Mag. Sci. IICA, Turrialba, 1956. 89 p.
8. PEREZ B., C.M. Respuesta de la papa (*Solanum tuberosum* L.) a la fertilización con N-P-K. Tesis, Ing. Agr. San José Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1974. 51 p.