

J. C. LUCERO*
J. C. SILENZI*
M. VERDOLJAK*
C. ANDREOLI*

Summary

The objective of this research was to study the effect of potassium fertilization on potato.

During October 1979 – March 1980 measurements of yield, tuber quality and starch content were made in a field experiment on irrigated soils of the Lower Valley of the Colorado River (Province of Buenos Aires, Argentina).

Treatments consisted of: (0) control, (1) 100, (2) 150 and (3) 200 kg K₂O/ha and the results obtained showed:

1) Yield response to potash application was statistically significant. 2) Fertilization with 200 kg K₂O/ha gave the highest yield. 3) Total yield in each treatment was correlated with the rate of potassium applied; the correlation coefficient was $r = 0.77$. 4) When potassium rates were increased there was an increase on the production of the largest size tubers (group A) and there was a decrease on the production of the largest size tubers (group A) and there was a decrease of lower size tubers (groups C, and E). The correlation coefficient between yield of group A tubers of highest commercial quality and potassium applied was significant ($r = 0.75$). 5) Starch content on tubers was not significantly different along different treatments though it was slightly higher in the control treatments as it was their dry matter content.

Introducción

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la República Argentina, constituye una de las actividades hortícolas de mayor trascendencia económica.

En el Cuadro 1 se consignan las cifras relativas a producción en el período agrícola 1978/1979, de

acuerdo a la información del Instituto Nacional de Estadística y Censo (9).

Los valores precedentes reflejan la magnitud del área destinada al cultivo y el volumen de producción alcanzado, evidenciando las mismas, en función de la alta demanda en el mercado interno, la gravitación que este género de explotación agrícola tiene en la economía nacional.

En lo referente a experiencias locales tendientes a incrementar los rendimientos por aplicación de fertilizantes, cabe destacar, entre otras, las realizadas por Pereyra (14), Issouribehere (8) y las concretadas en la Estación Cooperativa de Experimentación y Extensión Agropecuaria de Hilario Ascasubi (Provincia de Buenos Aires), todas las cuales pusieron de manifiesto la respuesta significativa del cultivo a la aplicación de nitrógeno y fósforo y, en el primero de los estudios, también del potasio.

¹ Recibido para publicación el 17 julio de 1981.
Los autores agradecen la colaboración prestada por la Ing. Agr. María C. Monti de la Estación Experimental Agropecuaria de Balcarce, quien tuvo a su cargo las determinaciones de almidón en el material cosechado en el presente ensayo.

* Ings. Agrs. Profesor titular, Asistente de Docencia, Técnico Est. Exp. Univ. Nac. del Sur Ayudante de Docencia respectivamente.
Cátedras Edafología I y Conservación y Manejo de Suelos. Departamento de Ciencias Agrarias Universidad Nacional del Sur. Argentina.

Cuadro 1. Producción de papa en el periodo agrícola 1978/79.

	Papa temprana	Papa semitemprana	Papa semitardía	Papa tardía
Superficie sembrada (ha)	8 500	21 000	76 600	9 000
Superficie cosechada (ha)	7 200	19 500	74 200	8 600
Producción total (ton)	43 000	210 000	1 331 000	110 000

Según Harrap (6), una cosecha de papa extrae cuatro veces la cantidad de potasio que toma del suelo una buena cosecha de trigo y durante el periodo de su cultivo puede contener por hectárea sembrada, aproximadamente 360 kg de K_2O en plantas y tubérculos y estos últimos, una vez cosechados, llegan a contener alrededor de 240 kg de K_2O por producción de una hectárea.

Este nutrimento resulta esencial para el desarrollo normal de distintas actividades metabólicas de la planta, particularmente en la síntesis de azúcares simples y almidón.

Los estudios de Lachower y Arnon (11) llevados a cabo en Israel, evidenciaron, entre otras conclusiones, el efecto positivo de la aplicación de fertilizante potásico sobre los rendimientos cualitativos y cuantitativos del cultivo de papa.

Litner (12) en Transvaal, determinó incrementos significativos en la producción de tubérculos a través del empleo de fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos, comprobando también que la fertilización con nitrógeno en ausencia de los otros dos macronutrientes, tendía a una reducción de los rendimientos, en tanto que Loue (13) en ensayos llevados a cabo en Francia, por periodos que en algunos casos se prolongaron hasta diecisiete años, comprobó el efecto favorable de la potasa sobre los rendimientos y también la frecuente interacción nitrógeno-potasio.

El presente estudio tiene por finalidad establecer los efectos de la fertilización potásica en cultivo de papa bajo riego y constituye una contribución al mejor conocimiento del comportamiento de la precitada especie hortícola, en una región que con firmeza sostenida acrecienta su importancia económica.

Materiales y métodos

Las experiencias de campo se realizaron en el lote experimental que la Universidad Nacional del Sur

posee en las proximidades de Hilario Ascasubi (Valle Inferior del Río Colorado).

El suelo donde se implantó el ensayo responde al carácter aluvial y se sitúa en las terrazas intermedias aluviales del Río Colorado. Corresponde a la serie "San Adolfo", según relevamiento de Cappannini y Loes (3), tratándose de un medio de textura gruesa, arenoso-franco, con bajo contenido de materia orgánica, bien drenado, desarrollado a partir de arenas eólicas ricas en gravas y gravillas, depositadas sobre limo calcáreo.

Sus principales características se detallan en el Cuadro 2.

Las determinaciones analíticas precedentes se realizaron de acuerdo a la siguiente metodología:

pH: potenciométricamente con una unidad Metrohm E-396 en suspensión 1:2.5 (10).

Carbono: por digestión con dicromato de potasio.

Nitrógeno: método semimicro de Kjeldahl (2).

Textura: método de Douyoucos (1).

Capacidad de intercambio catiónico: saturando la muestra con acetato de sodio, desplazando luego el sodio con acetato de amonio y determinando el sodio por fotometría de llama (5).

Cationes intercambiables: sodio y potasio por fotometría de llama con unidad Crudo Caamaño y calcio y magnesio por titulación con versenato (10).

Como material de siembra se utilizaron tubérculos de la variedad Kennebec, introducidos de los Estados Unidos de América y en lo que se refiere a fertilizantes, como portadores de potasio (nutrimento en estudio), nitrógeno y fósforo, fueron empleados cloruro de potasio, urea y superfosfato triple, respectivamente.

Cuadro 2. Características físicas y químicas del suelo serie "San Adolfo".

Profundidad cm	pH	Materia orgánica		Arena %	Limo %	Arcilla %	C.I.C. me/100 g	Cationes intercambiables me/100 g			
		% C	% N					Ca	Mg	Na	K
0-20	7.2	0.4	0.05	84	7.2	8.8	17.3	9	7	0.5	0.8
20-40	7.3	0.3	0.04	82	8.1	9.3	18.6	10	7	0.6	1.0
40-60	7.5	0.2	0.04	86	6.5	7.5	16.0	8	6	0.5	1.0

En cuanto a diseño experimental, se adoptó el método de distribución de parcelas en bloques al azar, comparándose las cuatro dosis siguientes de fertilizante potásico:

K ₀	testigo
K ₁	100 kg/ha de K ₂ O
K ₂	150 kg/ha de K ₂ O
K ₃	200 kg/ha de K ₂ O

Todas las parcelas recibieron el equivalente a 100 kg/ha de nitrógeno y 150 kg de P₂O₅/ha los que se aplicaron previo al levantamiento de los camellones.

Se establecieron cinco repeticiones por tratamiento contándose con un total de veinte parcelas con dimensiones, cada una de ellas, de 7 m de largo por 4.20 m de ancho, es decir con una superficie de 29.40 m².

En cada parcela se levantaron seis camellones con una línea de plantación cada uno, distribuyéndose los tubérculos-siembrilla a 0.25 m entre uno y otro, totalizándose 168 plantas por parcela.

Los trabajos de preparación del terreno consistieron en la ejecución de labores de roturación—dos araduras cruzadas— y dos pasajes de rastra. Posteriormente se efectuó el replanteo de las parcelas en función del diseño establecido y se sistematizó la fracción para el riego por surcos.

El fertilizante se aplicó en forma localizada por debajo y al costado de la línea de plantación culminando estas tareas el 19/10/79 y el 9/11 se encontraba el cultivo en plena brotación.

A lo largo del ciclo vegetativo se realizaron las labores culturales pertinentes, que consistieron en tres aporcaduras y trabajos de desmelazado.

Se aplicaron cinco riegos manteniéndose la humedad edáfica en valores que oscilaron entre el 70 y

80% de la capacidad de campo, cuyo valor para las tierras en que se implantó el ensayo es de 9.5%.

Durante el período de evolución el cultivo evidenció un buen estado sanitario, realizándose en su debido momento pulverizaciones preventivas con productos insecticidas y fungicidas.

El período octubre/79 — marzo/80, se caracterizó por la persistencia de temperaturas altas y vientos intensos generalmente del sector N.O., de alto poder de desecación.

El manejo adecuado del riego facilitó el mantenimiento en buen estado del cultivo, cuya cosecha se realizó el 7 de marzo descartándose en tal oportunidad, por cada parcela, 1 m en cada cabecera y 0.70 m en cada borde, computándose los rendimientos en una superficie de 14 m² por parcela.

Resultados y discusión

El material cosechado se clasificó en función del peso de los tubérculos, en las categorías que se indican en el Cuadro 4.

El Cuadro 5 resume los valores promedio de los rendimientos expresados en kg/parcela, obtenidos en cada uno de los tratamientos de fertilización potásica y también la proporción que correspondió a cada una de las categorías de peso de tubérculo, establecidas en el Cuadro 4.

Del análisis de los valores establecidos en el Cuadro 6, se desprende que las diferencias observadas en los rendimientos totales en función de los tratamientos recibidos, resultan altamente significativas.

Las subsiguientes determinaciones estadísticas permiten concluir que los tratamientos K₁, K₂ y K₃, inducen un aumento en el rendimiento que resulta significativo en relación con el testigo K₀ e igual consideración cabe hacer con referencia a la dosis K₃ respecto a K₁ y K₂.

Cuadro 3. Registros meteorológicos. Período 19/10/79-7/3/80.

Año	Mes	Temperaturas °C			Lluvias mm
		Máxima	Minima	Media	
1979	Octubre	22.6	8.3	15.6	23.5
	Noviembre	23.8	9.7	16.8	60.0
	Diciembre	27.9	13.1	20.5	44.5
1980	Enero	30.2	15.0	22.6	33.0
	Febrero	32.1	15.5	23.8	15.5
	Marzo	29.8	14.2	22.0	36.0
					212.5

Cuadro 4. Clasificación de los tubérculos.

	Categorías				
	A	B	C	D	E
Peso de cada tubérculo (g)	> 300	200-299	100-199	60-99	< 60

La más efectiva es K_3 , que corresponde a 200 kg/ha de potasa.

Los rendimientos totales correlacionan con las dosis de fertilizante aplicado, resultando $r = 0.77$, como ilustra la Figura 1.

Prosiguiendo con el análisis estadístico, según valores consignados en el Cuadro 7, se concluye que la fertilización potásica ha promovido un incremento en la producción que resulta altamente significativo, $F = 9.27$, en relación con el testigo, de tubérculos de mayor peso que corresponden a la categoría "A", alcanzando significación las dosis K_2 en relación con K_0 y K_1 y K_3 respecto a K_0 , K_1 y K_2 .

En lo que se refiere a la producción de tubérculos de la categoría "B", puede observarse en el detalle del Cuadro 5, que los rendimientos ofrecen pequeñas variantes a través de las diferentes dosis de fertilizante empleado, en tanto que para los grupos "C" y "D", la tendencia que generan las dosis crecientes de potasa, es hacia la disminución.

Ello implica, en consecuencia, que las más altas dosis de fertilizante potásico han influido notablemente también en el mejoramiento de la calidad de la producción o más precisamente, en el rendimiento cualitativo.

El Cuadro 8 detalla el número de tubérculos de cada grupo obtenidos en los distintos tratamientos y la Figura 2 la correlación observada entre dosis de potasa aplicada y producción de tubérculos categoría "A", resultando $r = 0.75$.

Respecto a los resultados obtenidos en las determinaciones de materia seca y almidón, en las muestras correspondientes a los tratamientos comparados, los valores promedio se resumen en el Cuadro 9.

Las cifras porcentuales precedentes indican correspondencia entre los porcentajes de materia seca y almidón.

En efecto, las variaciones que experimentan los valores de materia seca en función de los tratamientos, van acompañadas por variaciones en igual sentido de los contenidos de almidón, observándose una relación inversa entre dosis de potasa aplicada y los dos componentes mencionados.

Este efecto fue destacado por Harrap (6) cuando en la fertilización se emplea, como en el presente estudio, muriato de potasio. Similares consideraciones formula Demolon (4).

Sostiene Harrap que, en líneas generales, las dosis más altas de K_2O originan ligeras disminuciones en

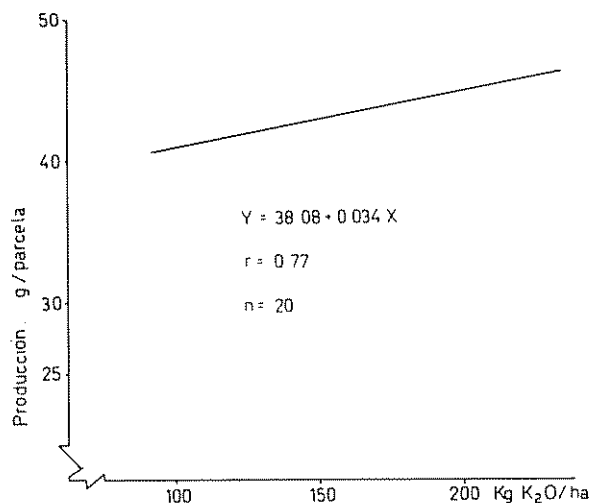


Fig. 1. Correlación entre dosis de K_2O aplicadas y rendimientos expresados en kg/parcela

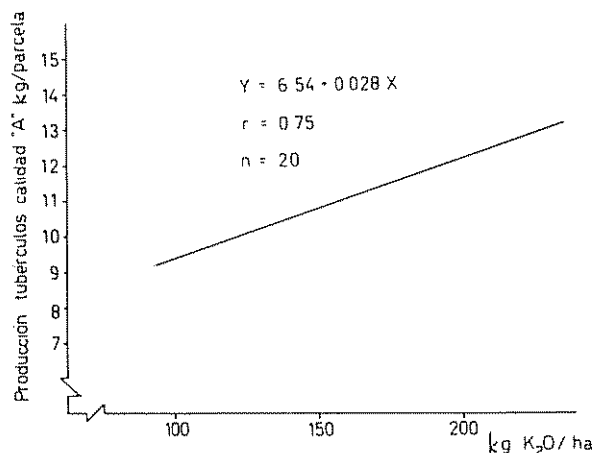


Fig. 2. Correlación entre dosis de K_2O aplicadas y rendimientos de tubérculos de calidad "A"

Cuadro 5. Rendimientos. Valores promedio, kg/parcela.

Tratamiento	Calidad comercial					Total
	A	B	C	D	E	
K_0	7 122a	10 266	14 088	5 062	1 096	38 324a
K_1	7 932a	11 548	15 362	4 954	2 048	41 844b
K_2	10 276b	11 562	12 934	4 880	2 058	41 710b
K_3	14 010c	11 762	13 468	4 742	1 426	45 40 c

Cuadro 6. Análisis de la variación en el estudio de los rendimientos.

Factor de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza	F
Tratamientos	137	3	45.6	8.68 ⁺⁺
Bloques	14	4	3.5	0.66
Error experimental	63	12	5.25	
Total	214	19		

Cuadro 7. Análisis de la variación en el estudio del rendimiento de tubérculos categoría "A".

Factor de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza	F
Tratamientos	102.40	3	34.13	9.27 ⁺⁺
Bloques	33.48	4	8.37	2.27
Error experimental	44.26	12	3.68	
Total	180.14	19		

Cuadro 8. Número promedio de tubérculos/parcela agrupados por calidad.

Tratamientos	Calidad				
	A	B	C	D	E
K ₀	23	42	94	60	29
K ₁	25	46	102	62	34
K ₂	34	46	86	61	34
K ₃	44	47	80	56	22

Cuadro 9. Niveles promedio de materia seca y almidón en tubérculos.

Tratamiento	Materia seca %	Almidón %
K ₀	21.50	14.59
K ₁	20.33	13.06
K ₂	20.03	13.06
K ₃	19.20	11.69

el contenido de almidón en tubérculos, las que quedan compensadas, como en el presente caso, con el aumento de producción.

Resumen y conclusiones

Con la finalidad de estudiar los efectos de la fertilización potásica sobre los rendimientos cuantitativos y cualitativos en cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo riego, se realizó un ensayo de campo en tierras del Valle Inferior del Río Colorado (Provincia de Buenos Aires) República Argentina.

Los resultados obtenidos señalan:

1. Para los rendimientos totales expresados en kg/parcela, se obtuvo respuesta altamente significativa, $F = 8.68$, a la aplicación de K₂O.
2. Las dosis de mayor efectividad resultó la correspondiente a 200 kg/ha de potasa, si bien las de 100 y 150 kg/ha incrementaron también significativamente los rendimientos en relación con el testigo.
3. El aumento creciente de la dosis de potasa incrementó en igual sentido y en forma altamente significativa, $F = 9.27$, la producción de tubérculos de mayor peso, correspondiente al grupo "A";

La correlación observada entre dosis de fertilizante y rendimientos fue $r = 0.77$.

mantuvo con escasas fluctuaciones la correspondiente a la categoría "B"; e indujo disminución en los de menor tamaño, grupos "C" y "D", por lo que se concluye afirmando que la fertilización mejoró los rendimientos en calidad y cantidad.

4. La correlación determinada entre dosis de potasa y producción de tubérculos categoría "A", resultó $r = 0.75$.
5. Los contenidos promedio de almidón y materia seca no experimentaron variaciones de relevancia; no obstante, la tendencia de tales fluctuaciones se orientó hacia la disminución de ambos componentes a medida que se incrementó el nivel de K₂O utilizado.

Literatura citada

1. BOUYOUCOS, G. J. Hydrometer methods improved for making particle size analyzes of soils. *Agronomy Journal*, 54:464-65. 1962.
2. BREMMER, J. M. Total nitrogen. In Black, C. A. ed. *Methods of soil analysis* Madison. American Society of Agronomy, 1965. pp. 1 149-1 178
3. CAPPANNINI, D. y LORES, R. Los suelos del Valle Inferior del Río Colorado. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

- Colección Suelos No. 1. Buenos Aires Argentina. 1966. 127 p.
4. DEMOLON, A. Crecimiento de los vegetales cultivados. Ediciones Omega. Barcelona. 1965. 587 p.
 5. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTE-AMERICA. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Manual de Agricultura No. 60. 1954 172 p
 6. HARRAP, F. E. G. Algunos aspectos de la nutrición potásica de la patata. Revista de la Potasa 11(14):1-9. 1960.
 7. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y CENSO. Boletín Estadístico Trimestral. Tercer trimestre. Argentina. 1979.
 8. ISSOURIBEHHERE, P. F. Ensayos de fertilización en papas. Actas de la II Reunión Nacional de Fertilidad y Fertilizantes. Sociedad Científica Argentina. 1974. 219 p.
 9. INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA. Estación Cooperativa de Experimentación y Extensión Agropecuaria. Informe Técnico Anual. Hilario Ascasubi. Argentina. 1974. 25 p.
 10. JACKSON, M. L. Soil Chemical Analysis. Englewood Cliffs, New Jersey. Prentice-Hall, 1958. 498 p.
 11. LACHOWER, D. y ARNON, I. El efecto de un ensayo de larga duración sobre el rendimiento y calidad de las patatas como tercera cosecha en rotación. Revista de la Potasa. Primera y Segunda parte. 11(15 y 16): 1-9 y 1-11. 1962.
 12. LITNER, J. Investigaciones realizadas con fertilizantes sobre patatas en Transvaal, República del Africa del Sur. Revista de la Potasa. 11(20):1-11. 1968.
 13. LOUE, A. Fertilización y nutrición mineral de la patata. Revista de la Potasa. 11(9):1-7. 1979.
 14. PEREYRA, José Manuel. Efecto de la aplicación de fertilizantes y riego sobre el rendimiento y calidad de papa en monocultivo. IDIA. Argentina Suplemento No 1:241-244. 1960.

Reseña de libros

OPEKE, L. K. Tropical Tree Crops. John Wiley & Sons, New York, 1982. 312 p.

Un nuevo libro sobre agricultura tropical es siempre bienvenido, especialmente si su autor, como el Jefe Opeke, tiene una larga y variada experiencia, respaldada por una amplia preparación académica. El libro está restringido a cultivos arbóreos, y por el enfoque del autor, a Africa Occidental. Esto por una parte, limita su utilidad, pero por otra es una fuente de información sobre cultivos poco conocidos fuera de esa región, o de experiencias locales que no se conocen en otra parte. El libro está dirigido a los estudiantes de lo que en Africa Occidental es el equiva-

lente de las facultades de agronomía de América Latina; aunque en esta última no hay la preparación en ciencias básicas que hay en las primeras, por el estilo sencillo y la presentación didáctica, el libro del Dr. Opeke resulta muy útil a los estudiantes latinoamericanos.

El libro está dividido en cuatro secciones. La primera de ellas comprende los capítulos 1 a 6, en que se discuten los principios básicos y prácticas generales de todos los cultivos. El capítulo 1 cubre la ecología de los cultivos arbóreos en Africa Occidental. Esta región difiere de las otras áreas tropicales en los factores climáticos y edáficos; estos últimos se discute en relación a la distribución geográfica de los cultivos arbóreos.

El capítulo 2 discute en términos muy sencillos los aspectos principales de propagación: la prepa-

ración y manejo de los semilleros y almacigales en palma de aceite, kola, cacao y otros. La discusión cubre desde los niveles de productores de escasos recursos, hasta las explotaciones comerciales. Contienen por ejemplo, esquemas de instalaciones muy sencillas para desinfectar el suelo y para el control de la erosión de los almacigales.

En el capítulo 3 se discuten los métodos de propagación por semilla o vegetativos, también con ilustraciones sencillas. El capítulo 4 es en parte un complemento del anterior, pues cubre especialmente el equipo y materiales necesarios para propagación y manejo de los cultivos arbóreos. El capítulo 5 cubre la siembra de campo, y el 6 la regeneración y rehabilitación de las plantaciones.

La segunda sección del libro, capítulo 6 a 16 es el tratamiento individual de 10 cultivos: cacao, kola, café, cítricos, laticíferos, marañón, palma de aceite, coco, mango y té. El tratamiento individual varía según el cultivo e incluye una primera parte sobre el origen, taxonomía y aspectos botánicos, y luego la parte agronómica: escogencia del sitio, almacigal, transplante, tratamiento, enfermedades y su control, plagas y su control, cosecha procesamiento, notas cortas sobre mercadeo y usos

El capítulo 17 trata de algunos cultivos arbóreos subexplotados. Como se refiere a especies originarias de Africa Occidental, tiene interés especial por tratarse de información de origen local. Cubre especies como *Synsepalum dulcificum* (cuyo nombre aceptado por prioridad es *Richardella dulcifica*), cuyos frutos tienen la propiedad de afectar el gusto haciendo dulces todos los sabores por un tiempo corto; otras especies edulcorante tratadas son *Dioscoreophyllum cumminsi* y *Thaumatococcus danielli*. También frutales como el caimito africano, *Chrysophyllum albidum*, *Dacryodes edule* y *Carapa procera*, y olea-

ginosas: *Butyrospermum parki* y *Tetrapleura tetraptera*. Otras especies de posible cultivo se agregan en una lista al final del capítulo.

El último capítulo 18, incluye discusiones sobre las tendencias generales de la agricultura de cultivos arbóreos: cambio de sistemas extensivos a intensivos; necesidad de mayor conocimiento en suelos y fertilización, manejo integral de enfermedades y plagas, control de malezas y necesidades de mayor estudio de los aspectos económicos.

En temas más concretos, el autor se refiere a la necesidad de estudios básicos en los sistemas de incompatibilidad; colecciones de germoplasma, estudios citológicos y genéticos, y desarrollo de la utilización de los productos. El Dr. Opeke en el capítulo final se refiere varias veces a la necesidad de incrementar la investigación en cultivos arbóreos y de la diseminación de conocimientos entre las regiones agrícolas de los trópicos.

Cada capítulo tiene una bibliografía corta, cuyas referencias a menudo no se ajustan a las reglas internacionales, pero que con frecuencia son valiosas por lo poco conocidas que son en otras regiones tropicales.

El valor y el interés del libro del Jefe Opeke está para el público fuera de Africa, en la información clara y sencilla, a menudo original, sobre los cultivos arbóreos en sus aspectos botánicos y agronómicos, y es de agradecer a su autor que haya puesto, en forma tan clara y resumida, toda su vida en la agricultura de los trópicos.

JORGE LEON
CATIE, TURRIALBA,
COSTA RICA