

INFORMACIONES AGRONOMICAS

ESTUDIOS DE ABSORCION DE NUTRIENTES COMO APOYO A LAS RECOMENDACIONES DE FERTILIZACION

Floria Bertsch*

INTRODUCCION

Los estudios de absorción contabilizan, de una forma u otra, la extracción o consumo de nutrientes de un cultivo para completar su ciclo de producción. Estos estudios no constituyen una herramienta de diagnóstico como el análisis foliar, sino más bien, contribuyen a dar solidez a los programas de fertilización. Concretamente, permiten conocer la cantidad de nutriente que es absorbida por un cultivo para producir un rendimiento dado, en un tiempo definido.

Los datos provenientes de estos estudios constituyen una medida real, quizá lo más real, de la cantidad de nutrientes que consume un cultivo de la siembra a la cosecha y por lo tanto, representan las cantidades mínimas a las que debe tener acceso un cultivo para producir un determinado rendimiento. Estos estudios pueden ser puntuales, como los que se refieren a requisitos totales y de cosecha, o las llamadas curvas de absorción que evalúan todo el ciclo de vida del cultivo.

El objetivo de este artículo es recopilar en un solo documento diferentes ejemplos que discuten la forma de obtener datos de absorción de

nutrientes y uso de estos datos en el afinamiento práctico de programas de fertilización en diferentes cultivos.

CONDICIONES PARA LOS ESTUDIOS DE ABSORCION

Los datos de los estudios de absorción son valiosos cuando se refieren a un rendimiento dado, pues las necesidades de nutrientes cambian con el rendimiento. Por otro lado, la capacidad de absorción de un cultivo bajo condiciones nutricionales limitantes se reduce y esta es la razón para que los estudios de absorción deban conducirse bajo condiciones nutricionales óptimas.

Cada variedad de una misma especie puede también presentar características particulares de comportamiento y producción que se puede expresar en diferente capacidad de absorber nutrientes. Para que los resultados de un estudio de absorción resulten extrapolables a otras situaciones es necesario que se conduzcan bajo condiciones nutricionales óptimas y con variedades definidas.

PROCEDIMIENTO BASICO PARA EFECTUAR ESTUDIOS DE ABSORCION

La cantidad de nutrientes absorbida por una planta se obtiene de la relación

Abril 2005 • N° 57

CONTENIDO

	Pág.
Estudio de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización	1
Corrección de la deficiencia de potasio para reducir las enfermedades de tallo en arroz	11
Reporte de Investigación Reciente	14
- Dosis y formas de aplicación de fósforo en ajo	
- Efecto de las dosis de boro y la época de aplicación en el comportamiento de lechuga	
- Calibración de la tabla de comparación de colores para manejo de nitrógeno en diferentes genotipos de arroz y trigo en una perspectiva de sistemas	
- Acumulación de carbono en las fracciones de materia orgánica afectadas por el uso y manejo del suelo con énfasis en siembra directa	
Cursos y Simposios	15
Publicaciones de INPOFOS	16

Editor: Dr. José Espinosa

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se citen la fuente y el autor.



* Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. Correo electrónico: fbertsch@cariari.ucr.ac.cr

entre el peso seco de los tejidos y la concentración de nutrientes en esos tejidos. Estos datos se pueden obtener una sola vez en el ciclo de vida del cultivo, preferiblemente al final cuando la absorción ha llegado a su nivel máximo, cuando se requieren solamente los datos de requisitos totales y/o de cosecha. También se pueden obtener datos en varias etapas durante el ciclo, preferiblemente asociadas a cambios fenológicos importantes, cuando se quiere elaborar las curvas de absorción. Además, se pueden obtener de la planta entera o subdividiendo el material por tejidos (raíces, tallos, hojas, flores y frutos). En cualquiera de los casos, es indispensable contar con el rendimiento comercial obtenido para ese cultivo que pueda ser asociado a ese consumo en concreto.

El procedimiento para obtener los datos en el campo es simple. Se debe muestrear de un lote con plantas de excelentes condiciones y que tenga rendimientos altos. Determinar las etapas fenológicas más importantes en el ciclo del cultivo (es mejor determinar etapas fenológicas definidas antes que días después de la siembra). Si se considera necesario se puede dividir la planta en los tejidos de importancia (raíces, tallos, frutos, etc.). Tomar un mínimo de 3 repeticiones por etapa fenológica y por tejido. Calcular el peso seco para cada punto de muestreo y para cada repetición (mínimo 3). Calcular el peso seco total (kg/ha) extrapolando el valor obtenido en el área muestreada a una hectárea (en ocasiones se pueden usar cierto número de plantas para el muestreo y se extrapola teniendo en cuenta el número total de plantas en una hectárea del cultivo). Graficar la curva de crecimiento poniendo las etapas fenológicas (tiempo) en el eje de las X y el peso seco para cada tejido muestreado y el total de cada punto en el eje de las Y.

Las muestras secas se envían al laboratorio para el análisis de los nutrientes en los tejidos y con esta información se procede a calcular la cantidad de nutrientes absorbida por el cultivo multiplicando el contenido del nutriente por el peso del tejido luego de la extrapolación correspondiente. En el caso de que los costos de análisis no se puedan cubrir totalmente con el presupuesto del proyecto, las repeticiones de las muestras de peso seco se pueden juntar en una sola muestra para el análisis de laboratorio, lo que reduce apreciablemente el costo. Con los datos obtenidos se dibuja la curva de absorción para cada nutriente en la misma forma como se lo hizo para la curva de acumulación de materia seca (Bertsch, 2003).

INFORMACION RECOPIADA DE LA LITERATURA

La mejor opción para obtener datos de absorción de nutrientes es por supuesto, el método indicado arriba ya que permite contar con los datos propios para una situación específica. Sin embargo, si no existe la posibilidad de desarrollar datos propios, es una buena alternativa utilizar la

información proveniente de la literatura. A continuación se discute la forma de recopilar, procesar esta información.

En primera instancia, es importante recuperar la mayor cantidad posible de referencias que suministren información sobre absorción de nutrientes asociada a un rendimiento dado en el cultivo de interés. Luego se deben transformar los datos tanto de consumo como de rendimiento a las mismas unidades (kg/ha). Otro detalle importante al recuperar información de literatura es determinar si las cifras reportadas se refieren al consumo total de toda la biomasa o solamente al consumo de la cosecha o parte productiva. En cultivos anuales es común encontrar datos de consumo total (toda la biomasa del cultivo incluyendo la cosecha), el consumo específico del producto cosechado o ambos datos, mientras que en cultivos perennes es frecuente encontrar más datos de extracción de la parte comercial cosechada (frutos, granos, etc).

Con los datos de consumo total obtenidos de la literatura es posible generar ecuaciones que asocien el rendimiento con la cantidad de nutrientes absorbida. De estas ecuaciones se puede estimar los requerimientos de N, P, K y otros

Tabla 1. Datos de consumo total de N, P y K por la planta de arroz para diferentes rendimientos obtenidos de la literatura.

Rendimiento de grano t/ha	Cantidad de nutrientes absorbidos			Referencia
	N	P	K	
	----- kg/ha -----			
0.6	11	2	17	Kanapathy, 1976
1.1	45	8	67	Kanapathy, 1976
1.5	42	8	28	Sánchez, 1978
3.0	50	11	66	FIAC-FAO, 1980
3.0	84	14	89	Malavolta, 1979
3.2	91	10	59	FAO, 1970
4.5	75	15	88	BASF, 1982
6.0	100	22	133	FIAC-FAO, 1980
6.0	100	22	150	BASF, 1982
7.8	125	30	137	Malavolta, 1979
8.0	141	37	90	Sánchez, 1978

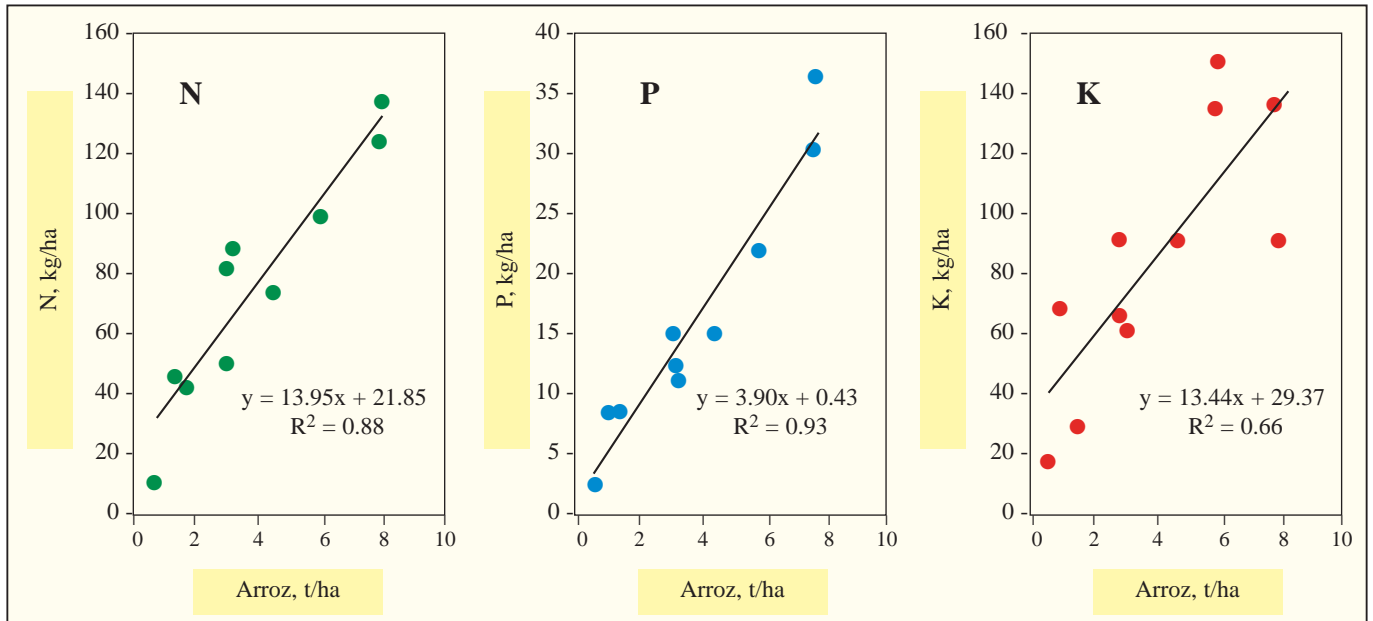


Figura 1. Ecuaciones de consumo total de N, P y K calculadas con los datos de la Tabla 1.

nutrientes para cualquier rendimiento con un grado de confiabilidad aceptable. En la **Tabla 1** y en la **Figura 1** se ilustra el caso de la utilización de datos de arroz publicados en la literatura. De acuerdo con la información generada, para producir 5 t/ha de arroz, el cultivo consume aproximadamente 92, 20 y 97 kg/ha de N, P y K, respectivamente.

Otra opción más sencilla y suficientemente aproximada consiste en llevar todos los datos

recopilados a una t/ha de grano y luego calcular el promedio (**Tabla 2**). Mediante este proceso, la estimación de requisitos para las mismas 5 t/ha de arroz, corresponde a 97, 19 y 102 kg/ha de N, P y K, respectivamente. Como se puede observar la estimación resulta bastante semejante a aquella lograda a través de las ecuaciones con un proceso mucho más sencillo. En forma semejante se puede proceder con datos de cualquier otro cultivo.

EJEMPLOS PRACTICOS PARA AFINAR RECOMENDACIONES

Como se indicó anteriormente, existen tres tipos de estudios de absorción de nutrientes: extracción total, requisitos de cosecha y curvas de absorción. A continuación se discuten, en la misma secuencia, situaciones reales en las que estos estudios sirven de base para tomar decisiones importantes al momento de diseñar e implementar un programa de fertilización.

Extracción Total

Estimación de dosis de fertilización

Conociendo el consumo total de nutrientes de un cultivo, lo primero que se puede hacer es estimar la dosis de nutrientes necesarias para obtener un rendimiento dado. Esto se logra confrontando el consumo total con las cantidades presentes en el suelo para determinar las cantidades de nutrientes necesarios para llegar a la meta de rendimiento establecida. Este método funciona mejor en cultivos perennes donde existe muy poca información de calibración del análisis de suelos

Tabla 2. Promedios del consumo total de N, P y K de una t/ha de grano de arroz calculados con los datos provenientes de la literatura.

	Cantidad de nutrientes absorbidos por una t/ha de grano			Referencias
	N	P	K	
	----- kg/ha -----			
	16	4	18	Malavolta, 1979
	17	4	22	FIAC-FAO, 1980
	17	3	20	BASF, 1982
	17	4	22	FIAC-FAO, 1980
	17	4	25	BASF, 1982
	18	5	11	Sánchez, 1978
	18	3	28	Kanapathy, 1976
	28	5	19	Sánchez, 1978
	28	3	18	FAO, 1970
Promedio	19	4	20	
D.E.	5	1	5	
C.V. (%)	26	18	24	

Tabla 3. Estimación de dosis de nutrientes para un rendimiento de café de 1530 kg/ha (seis fanegas) en un Andisol de Costa Rica (Ramírez y Bertsch, 2002).

Condiciones para el cálculo	Cálculos		
	N	P	K
	----- kg/ha -----		
Requerimiento para 255 kg (una fanega)	1.3	0.11	1.65
Requisito de cosecha (1539 kg; 60 fanegas)	78	7	99
Requisito vegetativo	56	3	42
Requerimiento total	134	10	141
Cantidad presente en el suelo según el análisis		44	468
Mínimo a aplicar para llenar las necesidades de planta y suelo	134	7	50
Eficiencia del nutriente (%)	0.50	0.30	0.80
Dosis de elemento puro	268	22	63
Factor de conversión a formas presentes en los fertilizantes		2.29	1.20
Dosis finales de nutrientes para decisión de compra	268 N	50 P ₂ O ₅	75 K ₂ O

para determinar las dosis de nutrientes. En la **Tabla 3** se presenta este procedimiento con un cultivo de café en Costa Rica.

Mejoramiento de la eficiencia de la fertilización

Cuando se conocen las cantidades totales de nutrientes requeridos por un cultivo y el programa de fertilización de rutina de ese cultivo en una finca específica, es posible observar si existen condiciones para mejorar la eficiencia del programa de fertilización y definir una dosis total de nutrientes más acertada. Para ilustrar esta situación, en la **Tabla 4** se presentan los datos de requerimiento de nutrientes de sandía bajo fertigación.

En los datos de la **Tabla 4** se observa que el K es uno de los elementos que la sandía extrae en mayor cantidad en la fruta. Al comparar el consumo de K con la aplicación del nutriente en el programa de rutina (**Tabla 5**),

resulta claro que el programa estaba supliendo niveles que estaban muy por abajo de las necesidades reales del cultivo, dejando excesiva responsabilidad al suelo para nutrir el cultivo. En sistemas de fertigación semanal como el usado en este caso, no parece conveniente que prevalezca esta situación, pues si se suplen todos los nutrientes en adecuadas cantidades, excepto uno (K en este caso), probablemente este nutriente se vea en desventaja de ser absorbido por la raíz. Al

subir a 72 kg/ha el nivel de aplicación de K (**Tabla 5**) existe por lo menos la certeza que con una eficiencia de fertilización del 70%, se están llenando las necesidades de K de la fruta (50 kg/ha).

Requisitos de Cosecha

Restitución de cantidades exportadas

La exportación de plantas exóticas representa un buen rubro de ingresos en casi todos los países de América Latina. Muchos cultivos nuevos en los mercados de exportación no tienen información sobre absorción de nutrientes (trabajos locales o literatura), lo que dificulta el manejo de la nutrición y la fertilización para asegurar altos rendimientos con adecuada calidad. Por ejemplo, quien maneja plantas ornamentales debe contar con datos de la cantidad de nutrimentos que se extraen por año por unidad de área de la plantación. Un estudio de absorción es un buen punto de partida para estimar la cantidad de nutrientes que se debe reponer al campo para mantener la fertilidad. Luego, con los datos de producción de biomasa por semana, mes o año se puede planificar la forma y época de efectuar las restituciones. Es obvio que si se desea mantener la sostenibilidad del sistema debe al menos reponerse al suelo las mismas cantidades de nutrientes que se salen directamente del campo en la

Tabla 4. Consumo total de nutrientes y cantidades exportadas en una cosecha de sandía, variedad Crimson Jewel, en Parrita, Puntarenas, Costa Rica (Bertsch y Ramírez, 1997).

Nutriente	Consumo de nutrientes			
	Total	Fruta*	Cant. del total en la fruta	1 ton. de fruta
	kg/ha	kg/ha	%	kg
N	57	18	32	1.28
P	4	4	50	0.18
K	89	50	56	2.00
Ca	108	6	6	2.43
Mg	23	3	13	0.52

* Rendimiento de fruta = 44.4 t/ha

Tabla 5. Cambio de la dosis de K en el programa de fertilización de sandía, variedad Crimson Jewel, en Parrita, Puntarenas, Costa Rica con base en los datos del respectivo estudio de absorción de nutrientes.

Ajuste de la fertilización	Consumo de K ----- kg/ha -----	Aplicación total
Antes	89	45
Después	89	72

Tabla 6. Estimación de la cantidad de nutrientes que salen de una hectárea de *Dracaena marginata* de 76 cm (Bertsch et al., 2000).

Caracterización del peso de las cañas		Peso promedio de una caña, g			
Plantas/ha	Cañas/planta	Cañas/ha	PF total	PS total	Humedad %
22000	5	110000	669	129	81

Análisis químico de las cañas de 76 cm.

Tejido	N	P	K
	----- % -----		
Punta	2.44	0.16	2.42
Caña	0.98	0.10	2.61
Raíz	1.06	0.12	1.87

Cantidad de nutrientes que salen del campo en las cañas de 76 cm cosechadas

Tejido	Peso seco	N	P	K
		----- g -----		
Punta	46	1.12	0.07	1.11
Caña	65	0.64	0.06	1.70
Raíz	18	0.19	0.02	0.33
Caña completa	129	1.94	0.15	3.14
Planta completa (5 cañas)	645	9.70	0.75	15.70
Total en 22000 plantas/ha	14190 kg	213 kg	17 kg	346 kg

biomasa del cultivo. Un ejemplo de cálculo con cañas de *Dracaena marginata*, planta ornamental de exportación en Costa Rica se presenta en la **Tabla 6**.

Curvas de Absorción

Este tipo de estudio es por supuesto el más completo y permite afinar apreciablemente los programas de fertilización. Aunque es un procedimiento más caro que el simple estudio de absorción total de nutrientes, puede acumular información valiosa que ayuda a mejorar los programas de manejo de la nutrición de los cultivos. A continuación se discute concretamente la utilidad de las curvas de absorción.

Curvas de crecimiento

Para poder hacer las curvas de absorción de nutrientes hay que generar en forma previa la curva de crecimiento del cultivo, en térmi-

nos de peso seco. Esta información, pese a ser tan básica, no existe para muchos cultivos. Lo importante de esta curva es que se pueden establecer las principales etapas fenológicas del cultivo y la participación de cada tejido en ellas (**Figura 2**) (Ramírez et al., 2000b). Esta información es de mucha utilidad en el manejo en general del cultivo y en particular de la nutrición.

Curvas de absorción de nutrientes

Estas curvas permiten conocer la dinámica de absorción de los diferentes nutrientes durante el ciclo de cultivo y su relación con las diferentes etapas fenológicas. Con estas gráficas es fácil comparar las distintas tendencias de absorción total y la absorción de nutrientes en cada tejido. Esta información es valiosa para diseñar estrategias de manejo de la nutrición del cultivo. En la **Figura 3** se presentan curvas de absorción de nutrientes de melón Honey Dew y sandía Crimson Jewel.

Curvas de absorción para determinar épocas de máxima absorción

Cuando se expresan términos porcentuales las cantidades de nutrientes absorbidas por las plantas durante el ciclo de cultivo (utilizando el consumo máximo

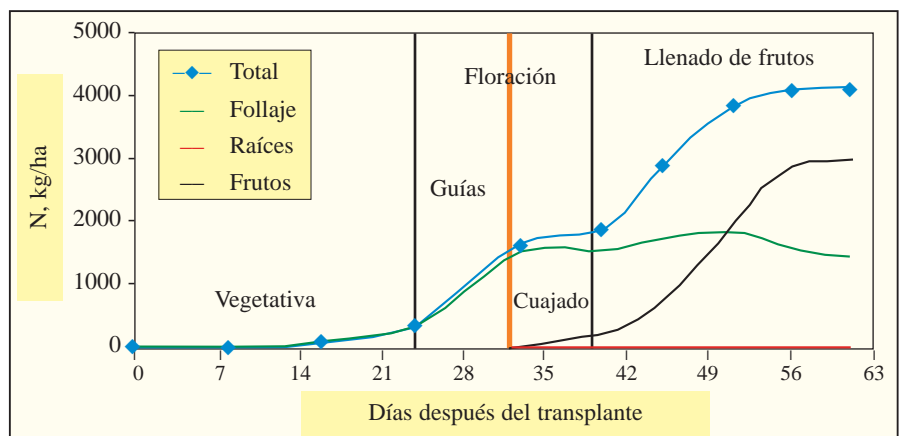


Figura 2. Curva de crecimiento de melón Moonshine, cultivado en Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.

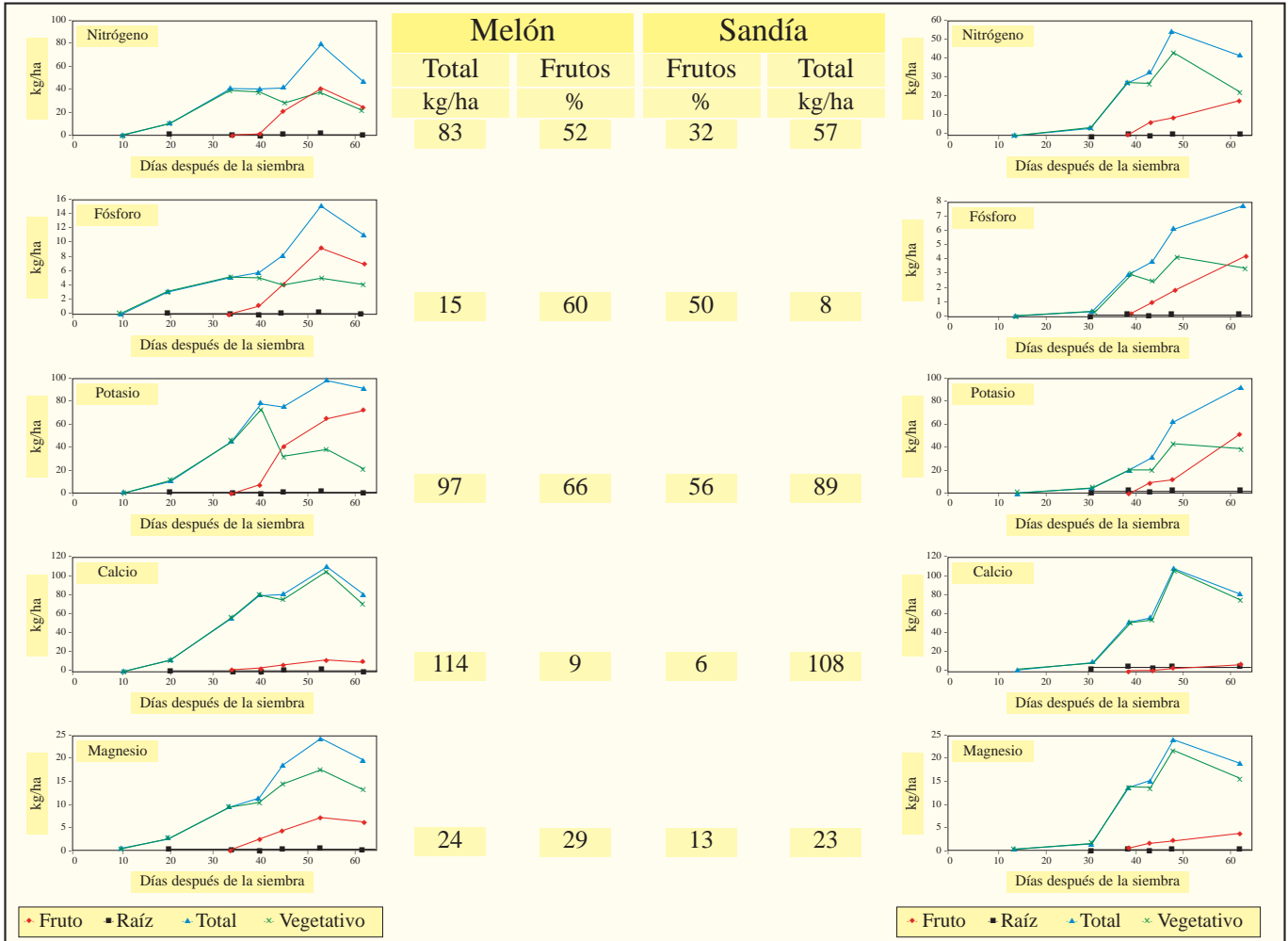


Figura 3. Curvas de absorción de N, P, K, Ca y Mg para melón Honey Dew y sandía Crimson Jewel (Bertsch y Ramírez, 1997).

como el 100%) se puede observar claramente cuando ocurren los momentos de máxima absorción. Con esta información se puede determinar las épocas oportunas para entrega de nutrientes durante el ciclo del cultivo. Esta información es valiosa en cultivos extensivos, ya sea con riego o de secano, particularmente para el manejo del nitrógeno (N). Este elemento es muy dinámico en el suelo y por esta razón es necesario fraccionar las aplicaciones al cultivo para evitar pérdidas. El encontrar las épocas adecuadas para la aplicación fraccionada de N ha sido siempre un problema para los productores y técnicos porque la dinámica de absorción de N cambia con el cultivar y aun con las variedades e híbridos del mismo cultivar. La curva de absorción de N permite conocer

exactamente las épocas de mayor requerimiento y con esta información se puede determinar cuando y cuanto fraccionar. Ejemplos de curvas de absorción determinando las épocas de mayor absorción de N en los cultivos de sandía y arroz se presentan en las Figuras 4 y 5 respectivamente.

Curvas de absorción para evaluar reciclaje de nutrientes

Con las curvas de absorción de nutrientes es posible detectar en cual tejido se acumula preferentemente un nutriente y con esta información se puede determinar si este nutriente saldrá del sistema

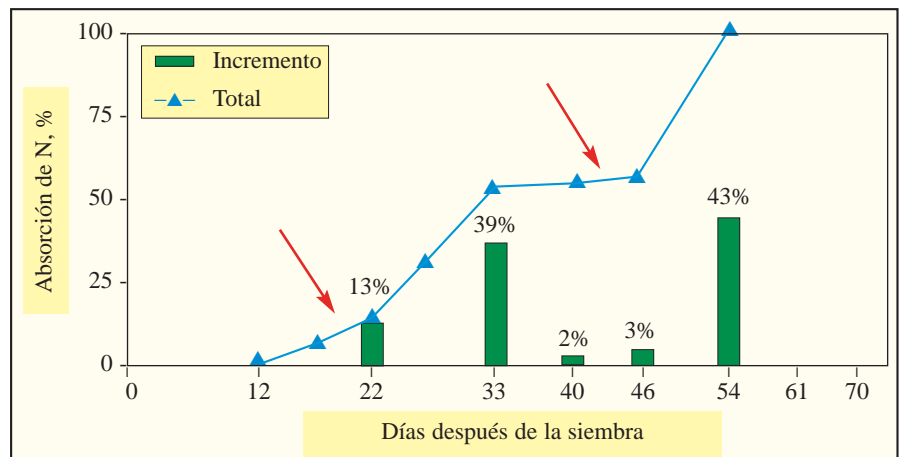


Figura 4. Momentos de máxima absorción y épocas oportunas para aplicar N en sandía (Bertsch y Ramírez, 1997).

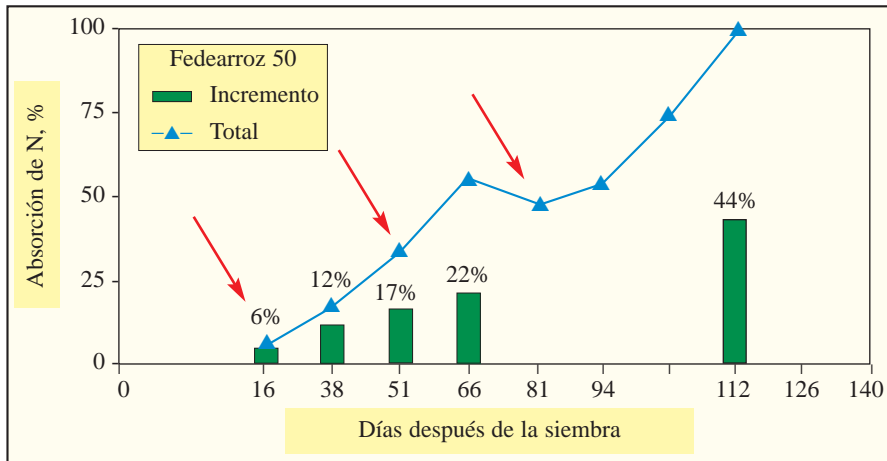


Figura 5. Momentos de máxima absorción y épocas oportunas para aplicar N en arroz (Bertsch, 2003).

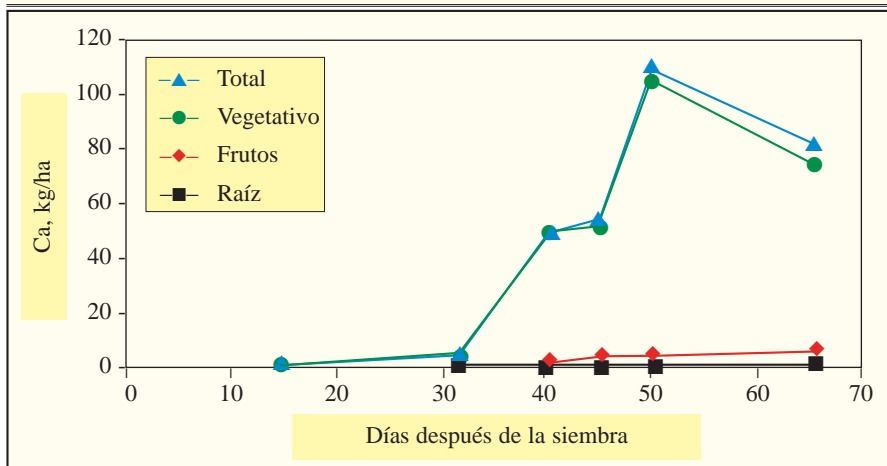


Figura 6. Acumulación de Ca en el tejido vegetativo de la sandía (Bertsch y Ramírez, 1997).

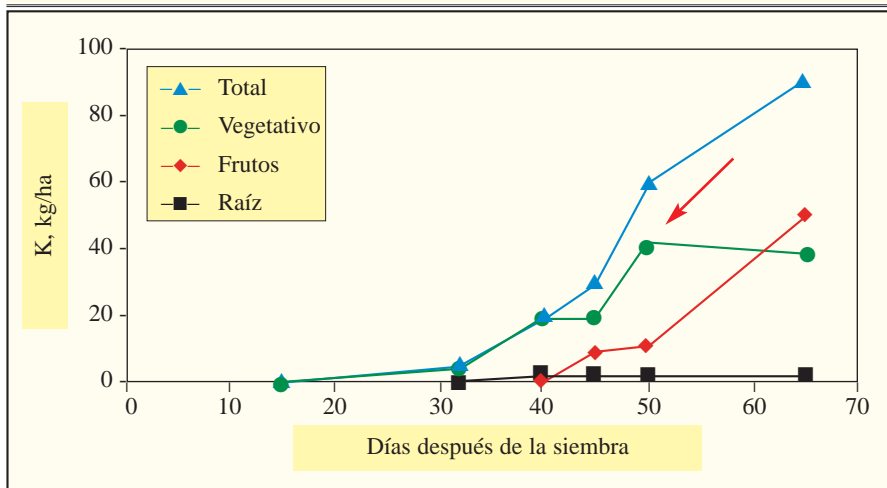


Figura 7. Curva de absorción de K en sandía Crimson Jewel (Bertsch y Ramírez, 1997).

con el producto cosechado o tendrá posibilidades de reciclarse en el sistema. En la **Figura 6** se presenta el caso del Ca en la sandía. La mayor parte de Ca consumido se queda en el follaje y por lo tanto es posible que se recicle en el suelo.

Curvas de absorción para evaluar translocación de nutrientes

Es posible identificar la conducta de translocación de un nutriente cuando la curva de acumulación de éste decrece en un tejido, mientras

que continua ascendiendo en otro. En el ejemplo de la **Figura 7** se observa que la acumulación de K en el tejido vegetativo decrece y continua incrementándose en la fruta lo que implica translocación de K al fruto.

Curvas de absorción para incrementar la eficiencia de la fertilización con el tiempo

En cultivos de ciclo corto y de fertilización intensiva con fertirrigación, las curvas de absorción permiten hacer un ajuste muy preciso entre la aplicación y el consumo de nutrientes. En la **Figura 8** se presentan dos casos de ajuste de la nutrición con K de sandía. En la **Figura 9** se describen los ajustes de N, P y K en el cultivo de Solidaster que hicieron más eficiente y rentable la fertilización.

Curvas de absorción para comparación de variedades

Los estudios de curvas de absorción hacen fácil establecer las diferencias de comportamiento fenológico y nutricional de variedades o híbridos de un mismo cultivo. En la **Figura 10** se presenta un ejemplo de absorción de P por dos variedades de papa (Soto, 2002). Los datos indican claramente que las variedades del mismo cultivar merecen recomendaciones diferenciadas de P.

Curvas de absorción en programas de fertilización en cultivos perennes

Las curvas de absorción pueden ser una buena herramienta para mejorar los programas de fertilización en cultivos perennes. En la **Figura 11** se presentan curvas detalladas de la absorción de nutrientes durante el proceso de desarrollo del fruto en café. Con esta información fue posible establecer con claridad que el periodo entre los 60 y 90 días

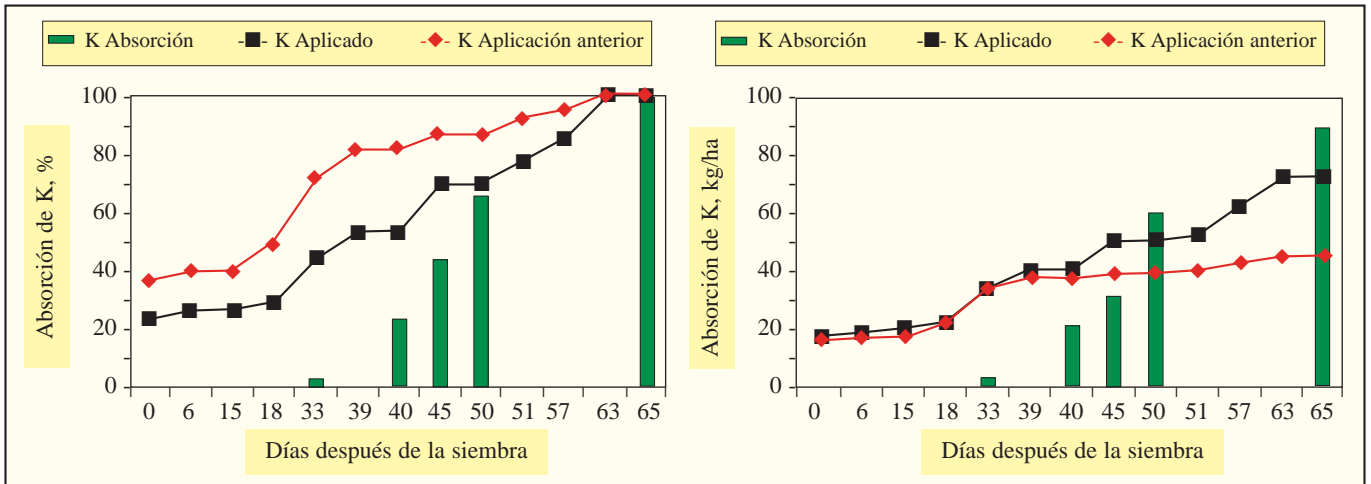


Figura 8. Ajuste de programas de aplicación de K por fertigración en sandía Crimson Jewel en Parrita, Puntarenas, Costa Rica (Bertsch y Ramírez, 1997).

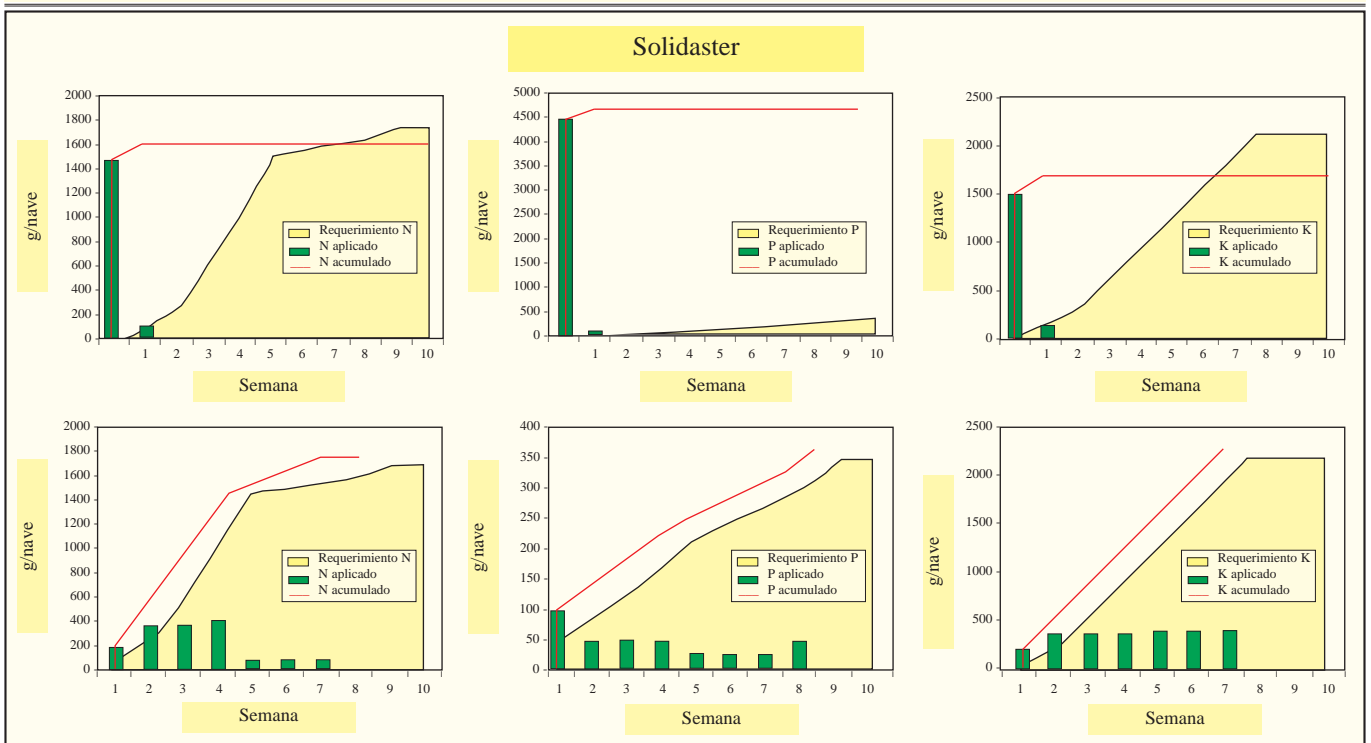


Figura 9. Comparación entre un programa de fertilización N, P y K del Solidaster (flor de corte) sin el apoyo de la curva de absorción y un programa ajustado después que se elaboró la curva de absorción de nutrientes (Ramírez et al., 2000a).

después del pico de máxima floración es el periodo donde se produce el consumo más alto de nutrientes. Al llegar a esta etapa de crecimiento, todos los elementos, excepto el K, han sido consumidos en un 50% del requisito total.

Otra observación relevante del estudio de absorción es que el fruto completa el consumo de tres micronutrientes (Zn, Fe y Cu) antes de empezar la maduración. Por esta razón, no es conveniente realizar aplicaciones tardías

(posteriores a 6 meses después del pico de floración) de estos elementos (Figura 11). En la Tabla 7 se presenta el programa de fertilización foliar desarrollado a partir de la información generada por las curvas de absorción. Este programa de apoyo a la fertilización al suelo está dirigido a apuntalar efectivamente de formación, llenado y maduración de frutos.

CONCLUSION

Sea cual sea el cultivo o el tipo de manejo, la posibilidad de contar con información sobre el consumo real de nutrientes y la dinámica de absorción permite tener a mano una herramienta sólida para afinar técnicamente las recomendaciones de fertilización. Esto logra elevar la eficiencia de uso de los nutrientes y mejora la rentabilidad de la fertilización de cultivos.

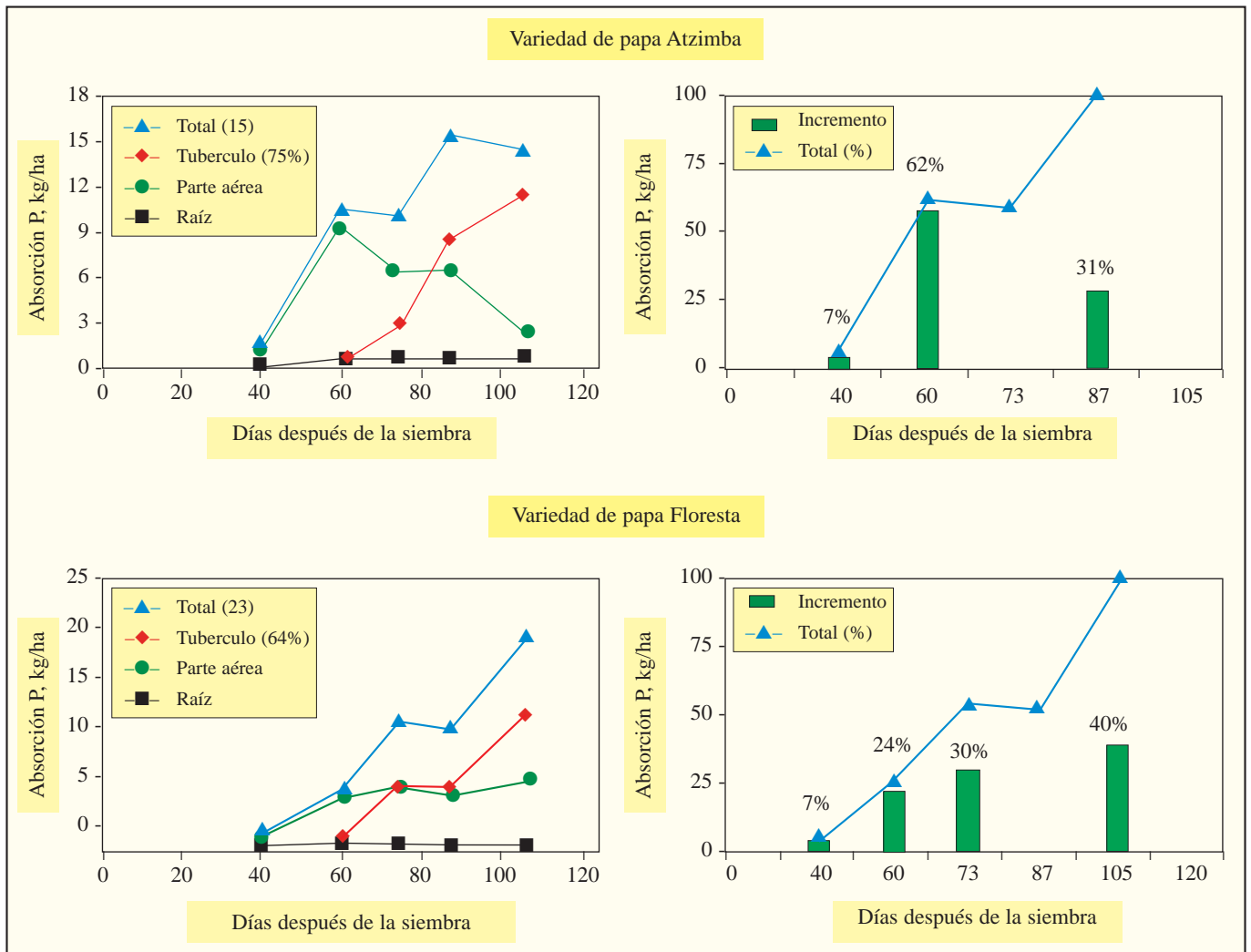


Figura 10. Comparación entre las curvas de absorción de P de las variedades de papa Atzimba y Floresta (Soto, 2002).

Tabla 7. Programa de fertilización foliar basado en la curva de absorción de nutrientes que busca promover el desarrollo del fruto de café.

Epoca de aplicación (después del inicio de la floración)			----- Nutrientes a aplicar -----		
Días	Semanas	Meses	Primera prioridad	Segunda prioridad	Tercera prioridad
40-45	6	1.5	Ca		
60-75	11	2.5	Ca, Zn, B	Mg	N, K
110-110	15	3.5	Zn, B	Cu, Fe	Mg, S
200-210	28	6.5	K, N	B, Mg	

BIBLIOGRAFIA

Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.

Ramírez F, Bertsch F. 2002. Absorción de nutrimentos por los frutos y bandolas de café Caturra durante un ciclo de desarrollo y maduración de frutos en Aquirares, Turrialba, Costa Rica. Agronomía Costarricense. 26 (1):33-42.

Ramírez F, Bertsch F. 1998. Metodología para generar curvas de absorción: presentación para curso. San José, CIA-UCR.

Ramírez F, Bertsch F. 1997. Curvas de crecimiento y de absorción de nutrimentos en melón (*Cucumis melo*) "Honey dew" y sandía (*Citrullus lanatus*) "Crimson jewel". In Informe Anual 1997. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Proyecto Potasio, Fósforo y Calida: Efecto del potasio y el fósforo sobre el rendimiento y la calidad de algunos cultivos frutícolas. San José, CIA-UCR.

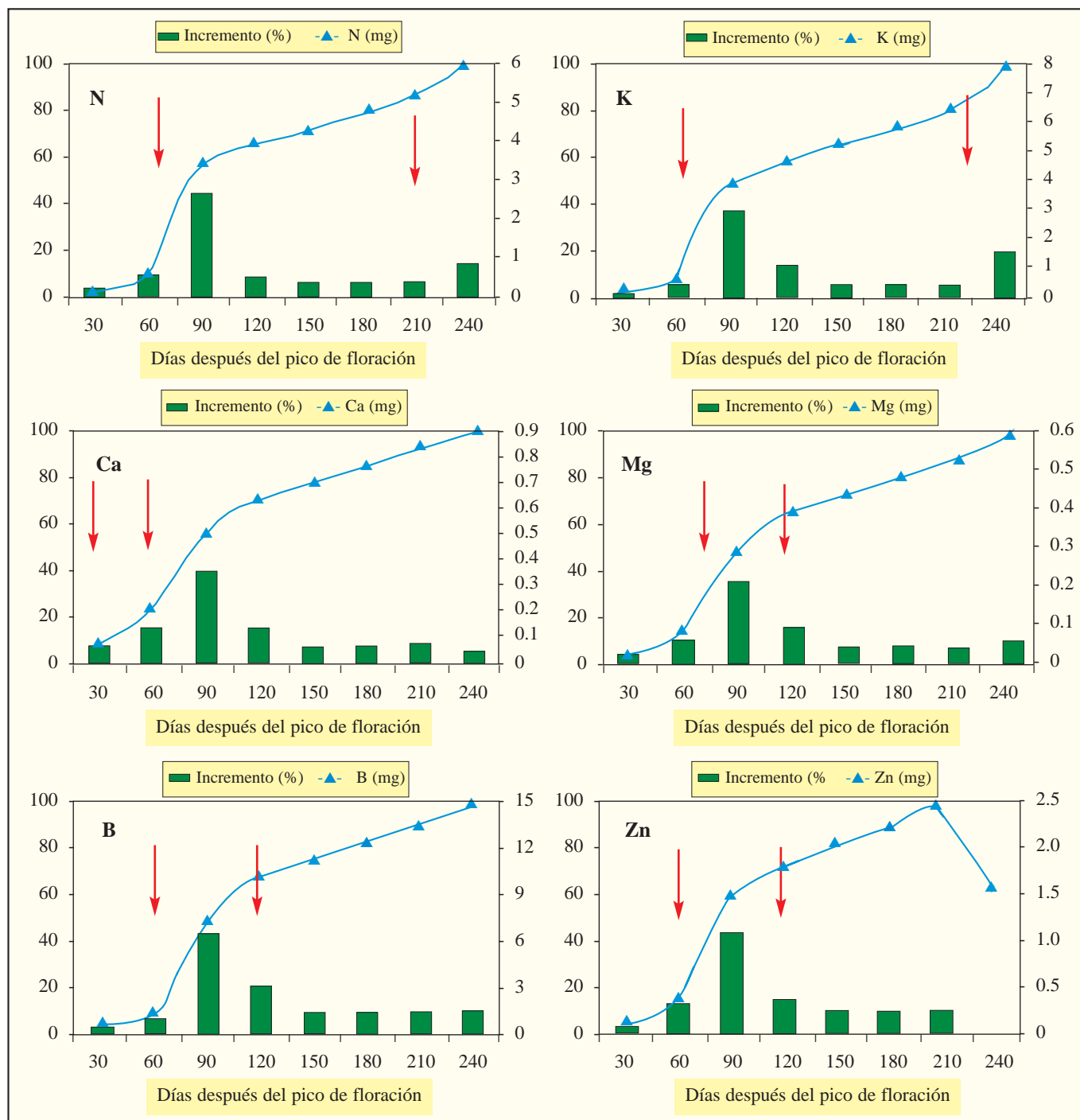


Figura 11. Curvas de absorción de nutrientes por frutos de café Caturra. AQUIERES, TURRIALBA, COSTA RICA.

Ramírez F, Henríquez C, Bertsch F. 2000a. Elaboración de las curvas de absorción de nutrimentos y optimización del programa de fertilización para los cultivos Aster Blanco, Spring Aster, Solidago y Solidaster. Informe Final-Investigación Contratada por FLOREXPO S.A. San José, Programa MINC, CIA-UCR.

Ramírez F, Henríquez C, Bertsch F. 2000b. Elaboración de las curvas de absorción de nutrimentos y optimización del programa de fertilización para melón "Moonshine". Informe Final-Investigación Contratada por Desarrollo

Melonero del Golfo S.A. San José, Programa MINC, CIA-UCR.

Soto J. A. 2002. Patrón de crecimiento, concentración y extracción de nutrientes en seis variedades y tres clones promisorios de papa en la Región Central Oriental de Costa Rica. In Congreso Latinoamericano de Papa. Quito, Ecuador. ♦