

## **ABSORCIÓN, EXTRACCIÓN Y MANEJO NUTRICIONAL ESPECÍFICO EN EL CULTIVO DE PAPA EN LA PLANICIE CUNDIBOYACENSE**

**Manuel Iván Gómez Sánchez <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>I.A. MSc. Suelos, Aguas y Nutrición Vegetal. Profesor Asociado Fertilizantes y Fertilización UNAL. Gerente de Innovación INGEPLANT Ingeniería en Nutrición de Cultivos. e-mail: [igomez@unal.edu.co](mailto:igomez@unal.edu.co) ; [migomez@ingeplant.com](mailto:migomez@ingeplant.com)

### **INTRODUCCIÓN**

Es bien conocida la importancia de la fertilización en el cultivo de papa, la ausencia o manejo inadecuado de esta práctica puede representar una pérdida del potencial productivo entre el 40-60% de acuerdo a resultados obtenidos para especies tuberosas en diferentes suelos de la planicie-cundiboyacense (Gómez, et al 2012 a). Por otro lado contrasta con los incrementos en los costos de fertilización (enmiendas, fertilizantes, fertilización foliar y bioestimulantes) en el cultivo de papa en Colombia que puede oscilar entre un 25-35%, lo cual depende del sistema tecnológico (mecanización, riego, semilla certificada, gestión de los procesos agronómicos, técnicas de fertilización), y donde en muchas ocasiones no redunda en retorno económico para el agricultor por la pérdida de rendimientos y calidad de la cosecha.

El manejo de este componente que puede representar hasta la tercera o cuarta parte de los costos del cultivo se hace en su gran mayoría de manera empírica y en algunos casos se realiza de manera general, indiferente al tipo de variedad o tipo de suelo y ambiente. Sin embargo se conocen algunas aproximaciones por variedad, suelo y altitud que se ha adquirido con la experiencia técnica de agricultores, empresas agrícolas y agrónomos, pero que no es suficiente, debido a los retos que enfrenta el manejo óptimo de la fertilización en el cultivo de papa. Retos en el desconocimiento preciso de la demanda y dinámica nutricional del sistema; el incremento en los insumos de fertilización; la escasez de suelos nuevos para papa; las limitantes en la rotación con otros cultivos de bajo retorno económico; presión de plagas, enfermedades; variabilidad espacial de suelos, ambiente y el manejo específico de la fertilización por variedades, entre otros. No es desconocido que estos factores afectan la productividad, rentabilidad, sostenibilidad (estabilidad de rendimientos) y el medio ecológico del sistema de acuerdo al marco global de las mejoras prácticas en el manejo de fertilizantes y nutrientes, referido por Bruulsema et al, 2008.

Para iniciar a manejar estos retos que enfrenta la gestión de fertilidad y manejo de fertilizantes en el cultivo de papa, FEDEPAPA en su labor de soporte técnico e investigativo, inició un convenio de investigación con la empresa privada y la Universidad Nacional en el apoyo de tesis, para conocer de manera precisa la cuantificación de las exigencias nutricionales del cultivo en diversas variedades en suelos contrastantes de la planicie Cundi-Boyacense. Este artículo trata sobre avances de esta investigación, la cual es adelantada por INGEPLANT, además, referencia otros trabajos que se viene realizando con PEPSICO, PAAC y CONGELAGRO

para determinar requerimientos nutricionales en papa de industria. Lo anterior servirá de marco inicial para determinar las prácticas de manejo eficiente y específico de nutrientes por variedad y etapas fenológicas para diferentes tipos de suelos y ambientes en Colombia, convirtiéndose en un trabajo pionero sobre este tema para el País.

Para el manejo eficiente de la nutrición y la definición de planes de fertilización ajustados en el cultivo de papa es necesario conocer en primera instancia la cantidad de elementos esenciales absorbidos para así determinar la dinámica de elementos en la interacción suelo-planta y determinar la eficiencia nutricional, con base en la oferta de fertilidad natural del suelo.

Los estudios de absorción y extracción son aquellos que contabilizan de alguna forma los requisitos, la extracción o el consumo de nutrimentos que efectúa un cultivo para complementar su ciclo de producción. Estos estudios permiten de manera concreta conocer la cantidad de nutrimento en kg/ha, que es absorbida por un cultivo para producir un rendimiento dado en un tiempo definido. Los datos de los estudios de absorción son valiosos siempre y cuando se refieran a un rendimiento dado, pues las necesidades de nutrimentos son proporcionales al incremento en el rendimiento (Bertsch F, 2003, Sierra et al, 2002).

Para una mejor ilustración y comprensión de un manejo específico de la nutrición mineral en el cultivo de papa por variedad se debe considerar lo siguiente: (1) La absorción total de elementos nutricionales de acuerdo al potencial de rendimiento y su demanda, la cual define las diferencias de la oferta edáfica-ambiental, exigencia total y equilibrio de nutrientes a manejar en la relación suelo-variedad; (2) La extracción de nutrientes en la parte aérea y tubérculo, la cual define el reciclaje y reposición de nutrientes en la planta; y (3) La dinámica nutricional por estructuras y etapas fenológicas durante el ciclo del cultivo que va a determinar movilidad, funcionalidad, épocas de aplicación y periodos críticos de suministro de nutrientes.

## **1. ABSORCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES Y ESPECIFICIDAD POR OFERTA EDAFICO-AMBIENTAL**

De acuerdo a Ciampitti y Garcia, 2008 el término absorción es la cantidad total de nutrientes absorbidos por el cultivo durante su ciclo de desarrollo, para el caso del presente trabajo la absorción total incluye la acumulación de la extracción nutricional de las hojas, tallos y tubérculos en un tiempo de 150 días después de siembra. Esta depende de la meta de producción del cultivo, generalmente estos trabajos deben realizarse bajo condiciones óptimas edáficas, ambientales y de manejo del cultivo para poder determinar los requerimientos cercanos al potencial de producción de la zona.

Las diferencias en absorción que se muestran en la tabla 1, se observan principalmente por la oferta edáfica (nivel de fertilidad del suelo, paisaje) y de la disponibilidad y dinámica del elemento en el suelo. Esto explica un menor consumo de nutrientes para N y P (tabla 1) en suelos ácidos de ladera desaturados de

Subachoque, porque son generalmente elementos de mayor pérdida bajo estas condiciones y menos restitución respecto a suelos saturados ligeramente ácidos de la Sabana de Bogotá que presentan alta fertilidad y son favorecidos por las formas de paisaje de acumulación (planicies fluvio-lacustres).

La conversión de biomasa en hojas y tallos determinada por la absorción nutricional depende mayormente de la adecuada oferta edáfica-ambiental como se nota en la acumulación de nutrientes en la parte aérea de Diacol Capiro en los suelos de Madrid (Barley) y Chia (Arrayanes), la cual es determinante para la mejor tasa fotosintética y el mayor potencial productivo con rendimientos totales cercanos a 80 toneladas (tabla 1), bajo estas condiciones la oferta de potasio es mayor al 8% de saturación, además, los estudios muestran que en la absorción de órganos aéreos se puede presentar un consumo de potasio de lujo, por ello es más aplicable la extracción del órgano cosechable.

La expresión del rendimiento se ve también influida por la mayor oferta hídrica, el mayor periodo de descanso de los suelos de planicie, respecto al suelo de ladera cultivado en Subachoque. Otro factor que determina diferencias en absorción es el componente genético, en la absorción de nutrientes definidos por la variedad, donde bajo la misma oferta edáfica en la Finca la Cabaña de Subachoque y bajo el mismo plan de fertilización, se observa aproximadamente un 20% más en consumo de NK, y un 50% mayor el consumo del fósforo (P) en la var. Parda Pastusa respecto a la Diacol Capiro, esta última presenta un mayor consumo de calcio y magnesio que la Parda Pastusa, dado probablemente por la mayor acumulación y transformación de azúcares que determina el uso en la industria.

Cuando se analiza la extracción nutricional (requerimiento del órgano cosechado) se observa una mayor homogeneidad de los rendimientos por tonelada, por ejemplo la extracción de potasio en los tubérculos es similar para las dos localidades contrastantes en Diacol Capiro y en Pastusa Suprema, lo que se debe tener en cuenta es el potencial de producción, lo cual comprueba que la exigencia del potasio depende principalmente del componente genético y sugiere una mayor dependencia a la extracción nutricional directa del K del suelo por parte de los tubérculos como se explicará en la sección 3 para la variedad Diacol Capiro.

**Tabla 1. Requerimientos nutricionales en diferentes localidades en papa Diacol Capiro y P. Suprema.**

<b>REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PAPA DIACOL CAPIRO (R12)</b>									
<b>LOCALIDAD</b>	<b>FINCA</b>	<b>Rendimiento kg/ha</b>	<b>EXTRACCION DE COSECHA ( kg de nutriente por tonelada de tubérculos)</b>						
			<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>MgO</b>	<b>CaO</b>	<b>S</b>	
SUBACHOQUE	LA CABAÑA	58	2,40	0,52	5,51	0,34	0,05	0,26	
MADRID	BARLEY	83	2,57	0,97	5,53	0,37	0,05	0,26	
CHIA	ARRAYANES	100	2,42	0,97	5,29	0,19	0,07	0,20	
<b>ABSORCION TOTAL (Hojas, tallos, tubérculos) kg de nutrientes/tonelada cosechada</b>									
SUBACHOQUE	LA CABAÑA	58	2,7	0,64	8,04	0,66	1,33	0,35	
MADRID	BARLEY	83	4,68	1,54	11,37	0,92	1,19	0,45	
CHIA	ARRAYANES	100	4,74	1,18	8,86	0,87	2,31	0,37	
<b>REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PAPA PASTUSA SUPREMA</b>									
<b>LOCALIDAD</b>	<b>FINCA</b>	<b>Rendimiento kg/ha</b>	<b>EXTRACCION DE COSECHA (kg de nutriente por tonelada de tubérculos)</b>						
			<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>MgO</b>	<b>CaO</b>	<b>S</b>	
SUBACHOQUE	LA CABAÑA	68	2,10	0,98	5,94	0,29	0,11	0,20	
<b>ABSORCION TOTAL (Hojas, tallos, tubérculos) kg de nutrientes/tonelada cosechada</b>									
SUBACHOQUE	LA CABAÑA	68	3,41	1,21	12,71	0,35	0,77	0,41	

Fuente: Gómez et al, 2012 a y b. Resultados de Investigaciones FEDEPAPA-INGEPLANT; PEPSICO-INGEPLANT, PAAC-INGEPLANT.

En general podemos corroborar que el cultivo de papa es altamente demandante en potasio (tabla 1), donde se debe considerar relaciones de aplicación K/N, de 1,5:1 en suelos de alta oferta edáfica de potasio, y relaciones K/N hasta 2,5:1 en suelos de baja oferta edáfica y baja reposición de potasio para Diacol Capiro y con relaciones K/N de hasta 3:1 en suelos desaturados bajo cultivos de Pastusa Suprema. Lo anterior considerando un manejo equilibrado de Mg y S.

El manejo de la fertilización en todas las localidades se hizo con una base técnica y con las herramientas diagnósticas pertinentes (antecedentes, análisis de suelos y foliares). A partir de esta investigación se ajustará de manera más precisa los planes de fertilización en el cultivo de papa.

## 2. EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES, RECICLAJE Y REPOSICIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE PAPA.

El término extracción, es la cantidad total de nutrientes en los órganos cosechados (Ciampitti y Garcia, 2008; Bresth, 2002), en este caso en el total de tubérculos cosechados para el potencial de rendimiento, las aplicaciones prácticas de la extracción nutricional en la cosecha que se muestra en la tabla 1, son referencias para definir la fertilización, siendo los nutrientes a reponer en el cultivo y que por lo tanto no son reciclados debido a que no vuelven a ingresar al sistema suelo.

Por ejemplo en suelos de alta fertilidad y un potencial de 80 t/ha se debe reponer como mínimo para un próximo cultivo 190 kg/ha de N el cual presenta un reciclaje de nutrientes teórico cercano al 50% producto de los residuos de tallos y hojas, lo cual sopesa las pérdidas por eficiencia del elemento aplicado; 258 kg/ha de  $P_2O_5$  debido a la baja eficiencia en el suelo y al ser el elemento de menor reciclaje en el suelo entre un 7-30%; y 432 Kg/ha de  $K_2O$  que se puede reponer una parte por la alta oferta edáfica  $K > 8\%$  de saturación en el complejo de cambio y la otra parte en fertilizantes potásicos la cual puede estar en el orden de 260 kg/ha, bajo estas condiciones el K presenta un reciclaje del 50% del total de la absorción (tabla 2).

Para definir de manera más precisa el aporte nutricional es necesario conocer la recuperación de los nutrientes, comparado bajo condiciones de fertilidad natural y así determinar eficiencia de la fertilización, este tema corresponde a una segunda etapa de la investigación que se abordará en otros escritos.

El menor reciclaje de nutrientes esta determinado por la menor biomasa aérea que presenta el cultivo, lo cual puede ser afectado por una maduración temprana, patógenos, plagas o un stress abiótico que afecte el crecimiento del área foliar. La menor área foliar incide en una mayor reposición de nutrientes como sucede en la zona de Subachoque para Diacol Capiro, donde se debe utilizar principalmente fertilizantes nitrogenados, fosfóricos, potásicos y azufrados para los cultivos siguientes.

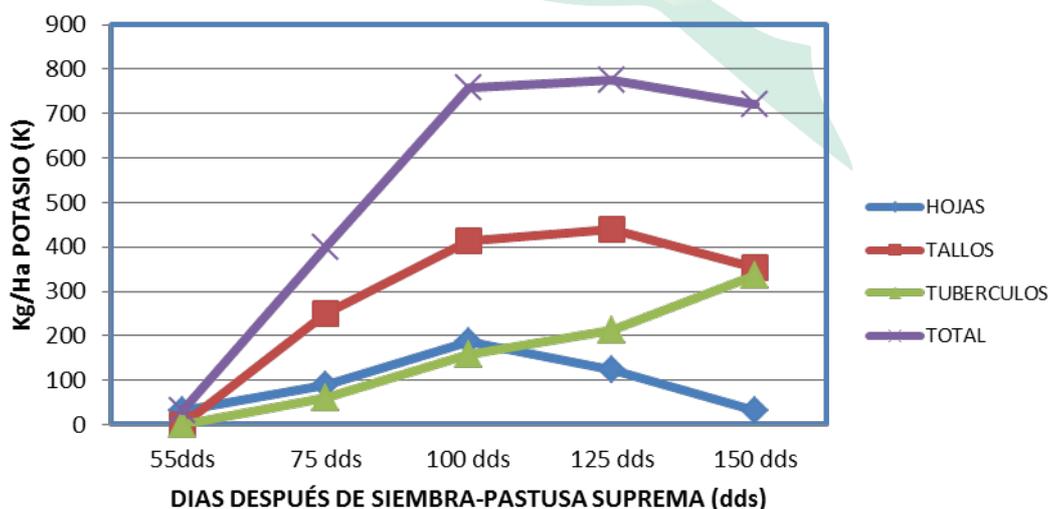
**Tabla 2. Reciclaje de nutrientes en diferentes localidades en papa Diacol Capiro y P. Suprema.**

RECICLAJE DE NUTRIENTES (%)								
LOCALIDAD	Variedad	Rendimiento kg/ha	N	P	K	Mg	Ca	S
Subachoque	P. Suprema	68	38,5	19,0	53,3	49,0	85,9	51,3
Subachoque	D. Capiro	58	27,1	15,0	30,1	47,0	95,1	26,0
Madrid**	D. Capiro	83	45,1	37,2	51,4	60,3	95,6	42,9
Chía**	D. Capiro	100	48,9	17,7	40,3	78,5	97,0	47,1

\*\* Gómez et al, 2012 b. Resultados de Investigaciones PEPSICO-INGEPLANT, PAAC-INGEPLANT.

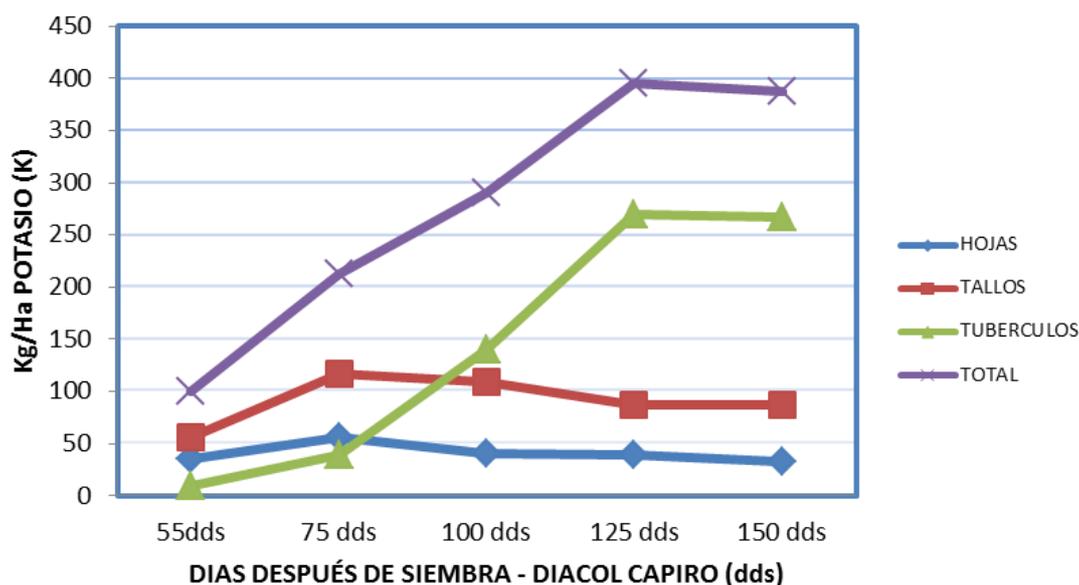
### 3. EXTRACCIÓN Y DINÁMICA NUTRICIONAL POR ORGANO DE LA PLANTA, FENOLOGÍA Y VARIEDAD.

El análisis de este comportamiento va a determinar las épocas de aplicación y periodos críticos de suministro de nutrientes en el cultivo, por ejemplo en la figura 1, se observa que la mayor demanda del potasio depende del tipo de variedad, donde, en Pastusa suprema es mayor su exigencia y es necesario suministrar este elemento antes de los 100 dds, es decir antes del inicio de floración con acumulación mayormente en tallos y hojas, donde generalmente ya se han realizado las dos abonadas del cultivo. Después se observa una acumulación de potasio en los tubérculos al final, producto de la translocación de tallos y hojas, a los 150 dds presenta una importante translocación de este elemento en el cultivo con aproximadamente una tercera parte de la extracción total del tubérculo, luego es una época para estimular el proceso de translocación y mantener verde la planta o fotosintéticamente activa, evitando que se presenten fenómenos de stress que afecten el metabolismo en el llenado de tubérculo como el déficit hídrico o pérdida de tallos por problemas fitosanitarios.



**Figura 1. Acumulación de potasio por etapas y órganos del cultivo de Papa (kg/ha). Variedad Pastusa Suprema –Subachoque. Gómez, M.I et al, 2012 a. Proyecto Fedepapa-Ingeplant. Nota: Rendimiento total de tubérculos, 68 t/ha, población: 30.000 plantas/ha.**

En contraste Diacol Capiro presenta una dinámica de K diferente con una acumulación total de K más tardía que en P. Suprema, y depende principalmente de la acumulación en los tubérculos y no de los tallos, esto sugiere que la toma de potasio en esta variedad puede depender directamente de la toma que realice los órganos de almacenamiento sin llegar al dosel de la planta, lo cual contrasta con curvas de extracción realizada en Diacol Capiro en suelos de alta fertilidad planos de la Sabana de Bogotá en Chía y Madrid (Gómez et al, 2012 b); luego, alternar manejos en fertilización líquida de K dirigida al suelo después de los 100 días puede ser una alternativa para mejorar la acumulación de este elemento o un manejo con fertilización edáfica granulada con un fraccionamiento entre los 75 y 100 dds sobre todo en suelos con déficit nativo de este elemento.



**Figura 2. Acumulación de potasio por etapas y órganos del cultivo de Papa (kg/ha). Variedad –Diacol Capiro-Subachoque. Gómez, M.I et al, 2012 a. Proyecto Fedepapa-Ingeplant. Nota: Rendimiento total de tubérculos, 58 t/ha, población: 30.000 plantas/ha.**