

# ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA Y BALANCE DE NUTRIENTES EN TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) CULTIVADO EN AMBIENTE PROTEGIDO

Henry Gandica Omaña<sup>1</sup> y Haydee Peña<sup>1</sup>

## RESUMEN

El estudio de absorción de nutrientes es una herramienta que permite a los productores y técnicos de campo afinar los programas de fertilización, al determinar la cantidad de nutrientes demandado por los tejidos de las plantas en las diferentes etapas de su crecimiento. Con la intención de contar con esta información se emprendió una investigación en el Módulo de Investigación y Producción en Ambiente Protegido de la Universidad Nacional Experimental del Táchira, UNET. Se practicó muestreo destructivo al azar con frecuencia quincenal, iniciando a los 15 días después del trasplante (ddt) en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) pertenecientes a cuatro cultivares: dos con hábito de crecimiento determinado: el Cid, Dominador, y dos de crecimiento indeterminado: L2 y L3. Se cuantificó el porcentaje de N, P, K, Ca y Mg presente en los tejidos lo que junto al peso seco acumulado permitió estimar la cantidad total extraída por el cultivo. Los cultivares de tomate evaluados presentaron curvas sigmoides de crecimiento y acumularon en la etapa de maduración entre 206 y 344 g de materia seca por planta. Se evidenció que la dinámica de absorción de nutrientes varía entre los cultivares por lo que requieren recomendaciones diferentes de fertilización.

**Palabras clave adicionales:** Curva de crecimiento, fertilización, macronutrientes

## ABSTRACT

### **Dry matter and nutrient accumulation in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) grown under protected environment**

The study of plant nutrient uptake is a tool that allows producers and field technicians tune fertilization programs to determine the amount of nutrients demanded by plant tissues, at different stages of crop growth. With the interest of having this information, a study was conducted in the Research and Production Protected Module of the Universidad Nacional Experimental of Táchira, UNET. Destructive sampling was performed at random with fortnightly in tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.) belonging four cultivars: two with determinate growth habit, Cid and Dominator, and two indeterminate (L2 and L3), starting 15 days after transplantation (ddt). Subsequently the percentage of N, P, K, Ca and Mg present in tissues which accumulated along the dry weight was used to estimate the total amount extracted by the crop. Tomato cultivars evaluated showed sigmoid growth curves, accumulating in the maturation stage between 206 y 344 g of dry matter per plant. These results are evidence that the dynamics of nutrient uptake varies among cultivars and deserves different fertilizer recommendations.

**Additional key words:** Fertilization, growth curve, macronutrients

## INTRODUCCIÓN

Las hortalizas constituyen un renglón capital de valor en la dieta diaria de la población venezolana. Para el 2013 el tomate fresco (*Solanum lycopersicum* L.) alcanzó 354.509 t y representó un volumen de producción del 15% en el grupo de hortalizas (FEDEAGRO, 2013). Las áreas de mayor producción se localizan en los estados Aragua, Carabobo, Guárico, Lara, Monagas, Portuguesa y Zulia (INIA, 2005).

Según los cultivos, las plantas extraen

nutrientes del suelo en forma variable. Los elementos extraídos deben ser repuestos de manera continua para evitar el empobrecimiento y la pérdida de la fertilidad. Una de las formas de aportar nutrientes al suelo es por medio de los fertilizantes químicos que deben aplicarse según las necesidades de los cultivos, pues de otra manera surgen problemas de contaminación y de degradación de los suelos (Durán, 2013). En pro del rendimiento y del uso racional de los recursos, las curvas de crecimiento y de absorción de nutrimentos en los cultivos, se presenta como una

Recibido: Noviembre 7, 2014

Aceptado: Mayo 8, 2015

<sup>1</sup> Dpto. de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional Experimental del Táchira. Apdo. 5001. San Cristóbal. Venezuela. e-mail: hgandica@unet.edu.ve; hpena@unet.edu.ve

herramienta que permite fortalecer los programas de fertilización, al conocer la cantidad de los nutrientes aplicados a las plantas que son absorbidos por los cultivos para producir un rendimiento dado en un tiempo definido. También se conocen como las representaciones gráficas de la extracción de un nutriente y constituye las cantidades de este elemento extraídas por la planta durante su ciclo de vida (Bertsch, 2005; Sancho, 1999). Entre las ventajas que presenta el realizar este tipo de estudios, se encuentra el poder detectar en cual tejido se acumula preferentemente un nutriente y con esta información se puede determinar si este elemento saldrá del sistema con el producto cosechado o tendrá posibilidad de reciclarse en el medio. Además permite hacer un ajuste muy preciso entre la aplicación y el consumo del nutriente, al estar al tanto de los momentos de máxima absorción según el cultivar, afinando el cuándo y cuánto aplicar de lo que la planta necesita. Estos aspectos son muy importantes sobre todo en cultivos de ciclo corto y de fertilización intensiva con fertirrigación.

En vista de lo mencionado, se inició un estudio de crecimiento y de absorción de nutrientes en cuatro cultivares de tomate, dos con hábito de crecimiento determinado: el Cid y Dominator y dos de crecimiento indeterminado: L2, L3, cuantificando a lo largo del ciclo del cultivo, la acumulación de materia seca en todos sus órganos y la absorción total de los macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, buscando ajustar los programas de abonamiento a la extracción particular de los cultivares.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Módulo de Investigaciones y Producción en Ambiente Protegido, con cubierta plástica transparente, de la Coordinación Académica UNET-Tuquerena, municipio Junín al sur-oeste del estado Táchira (7° 40' N, 72° 21' W, 896 msnm). El análisis de suelo indicó 152 ppm de K, 892 ppm de Ca, 100 ppm de Mg, 6,94 de pH y 1,55 % de materia orgánica. Se utilizaron cuatro cultivares de tomate, dos con hábito de crecimiento determinado: el Cid (manzano) y Dominator (pera) y dos de crecimiento indeterminado: L2 y L3. Se prepararon canteros de 0,2 m de alto por 0,8 m de ancho y calles de 0,8 m; la siembra se hizo en

tresbolillo con una distancia entre plantas de 0,5 m definiendo una densidad de siembra de 23.000 plantas por hectárea.

El riego se realizó por cintas de goteo. La fertilización se aplicó junto con el agua de riego, dividida en dos fases de cultivo (0-30 y 30-84 días después del trasplante, ddt), y fue igual para los cuatro cultivares. Se aplicó a cada planta en la primera fase 0,9 g de nitrato de potasio, 0,4 g de nitrato de magnesio, 0,33 g de fosfato monoamónico y 1,23 g de nitrato de calcio. En la segunda fase se aplicó 0,86 g de nitrato de potasio, 1,16 g de nitrato de magnesio, 0,13 g de fosfato monoamónico y 1,33 g de nitrato de calcio. El nitrato de potasio, nitrato de magnesio y fosfato monoamónico se aplicaron tres veces por semana y el nitrato de calcio dos veces por semana, para un total en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de 302 N, 38 P, 265 K, 178 Ca y 75 Mg.

Se realizaron 8 muestreos desde los 14 hasta 112 ddt en el Cid, L2, L3 y desde los 17 hasta los 116 ddt en Dominator, y consistieron en la extracción de tres plantas al azar por cultivar con frecuencia quincenal, tomadas solo de los canteros centrales de la plantación en buen estado. Se realizaron podas que facilitaron las operaciones del cultivo dado a la necesidad de organizar las plantas de tal manera que fuesen fácilmente accesibles a las labores de recolección de frutos, eliminando ramas laterales lo cual no pudo ser compatible con la producción máxima de biomasa esperada por las plantas (Maher, 1976).

Al momento de extraer las plantas del campo se tomó con una pala una porción de suelo adyacente a la zona radical, para poder extraer la mayor cantidad de raíces que estuvieron confinadas en el bulbo húmedo por el sistema de fertirriego. Se separó el tejido de la planta en raíz, tallo, hojas, flores y frutos, y se secó dicho material en estufa a 70 °C con circulación de aire por un periodo de 72 horas. Posteriormente se pesó el material en una balanza de precisión (de  $\pm 0,001$  g), se molió y almacenó para su posterior análisis.

Se cuantificó el total extraído por la planta de N, P, K, Ca y Mg desde los 14 hasta los 84 ddt en el Cid, L2, L3 y desde los 17 hasta los 88 ddt en Dominator, siguiendo la metodología para análisis de plantas del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 1989). El N se determinó por micro Kjeldahl; se efectuó digestión húmeda del tejido

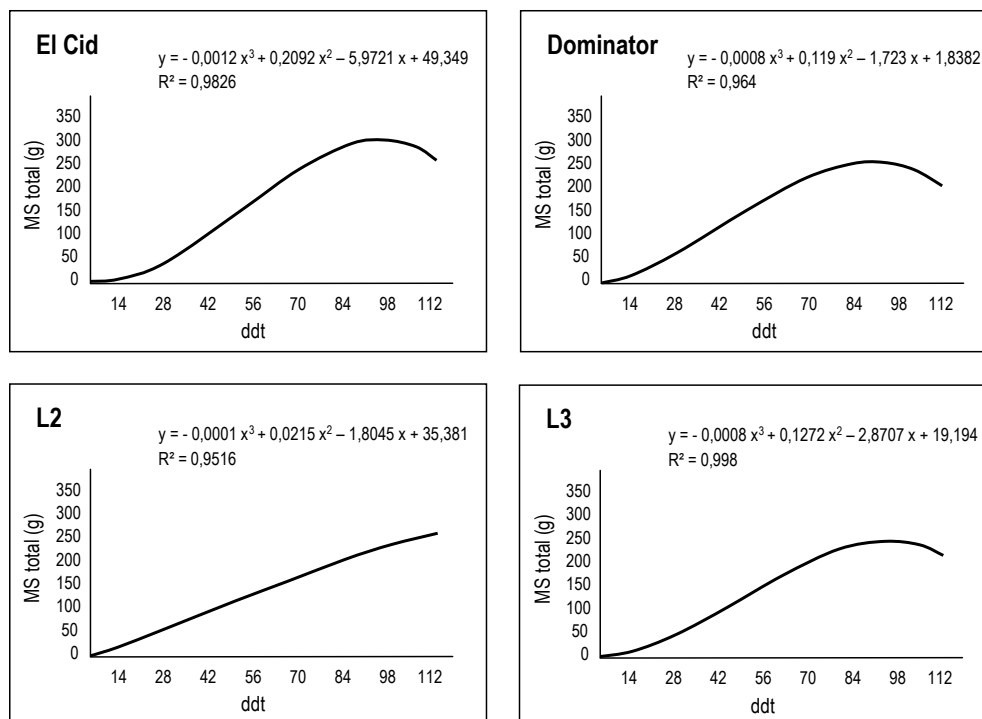
para obtener un extracto de minerales y cuantificar el P por colorimetría con molibdato de amonio y el Ca, K y Mg por espectrofotometría de absorción atómica.

Para conocer la acumulación de cada nutriente en los tejidos, se multiplicó su concentración por la cantidad de materia seca en los órganos respectivos. Los resultados se expresaron por los valores medios y su dispersión. Asimismo, se graficaron las curvas de acumulación de nutrientes y el balance nutricional, y se realizaron análisis de regresión mediante el uso del programa Infostat versión 2013.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Acumulación de materia seca en los cuatro cultivares de tomate evaluados:** Se observa en la

Figura 1 la tendencia de acumulación de materia seca total expresada por los tipos de tomates evaluados, con una curva sigmoide, donde en las primeras etapas de desarrollo gran parte de la materia seca acumulada se invirtió en el material vegetativo y con el aumento de edad de la planta se produjo un incremento gradual hacia los frutos; sólo en el cultivar L2 la sigmoide fue poco evidente. Peil y Gálvez (2005) señalan que en los cultivos de fruto, luego de la primera fase de crecimiento vegetativo, los frutos inician su desarrollo, pasando a ser recolectados continuamente durante un largo período, en donde los restantes órganos de la planta continúan su crecimiento, de manera que los frutos constituyen los principales órganos sumideros que compiten entre ellos y con los órganos vegetativos por los asimilados disponibles.



**Figura 1.** Curvas de acumulación de materia seca (MS) por planta en cuatro cultivares de tomate, incluyendo la ecuación de regresión y el  $R^2$  ( $P \leq 0,05$ ), en función de los días después del trasplante (ddt)

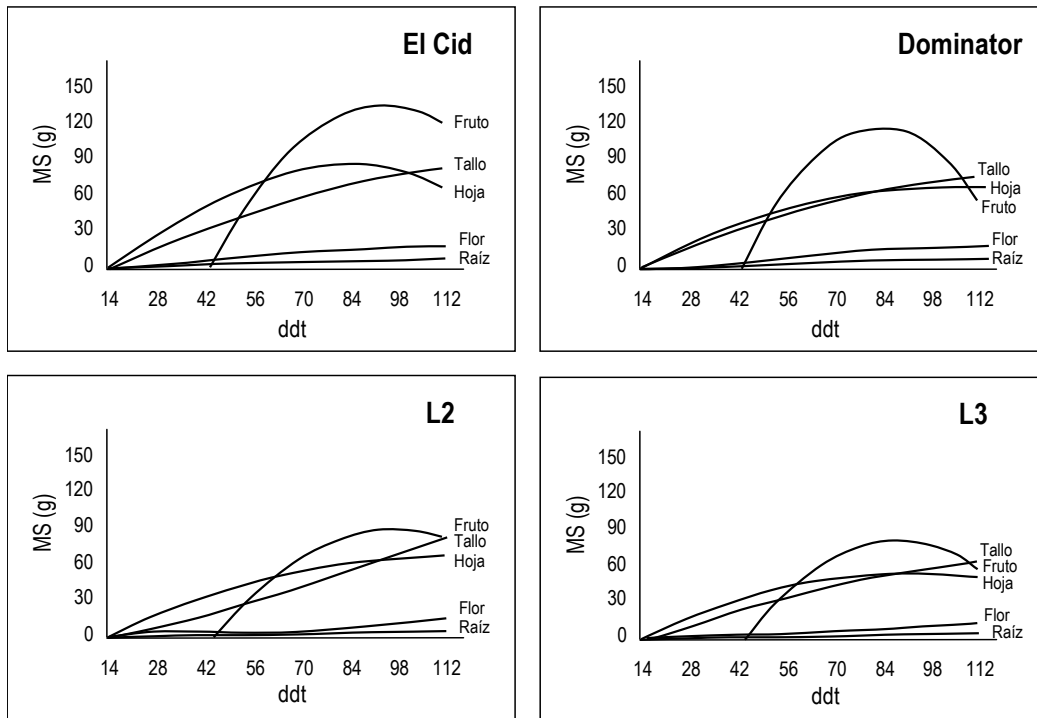
El modelo polinómico de tercer grado (sigmoide) fue el que ofreció mayor coeficiente de determinación en la acumulación total de materia seca para los cuatro cultivares (Figura 1). La biomasa seca por planta a los 98 ddt fue de 343,80 g en el Cid, 219,19 g en Dominator, 253,82 g en

L2 y 206,54 g en L3. En general, estos valores estuvieron por debajo de los 397,9 g por planta encontrados por Fayad et al. (2001) en condiciones de ambiente protegido y por encima de los 165,8 g por planta señalados por Hebbar et al. (2004) en condiciones de campo para

diferentes cultivares.

La distribución de la materia seca entre los diferentes órganos de la planta tiene un papel fundamental en la producción de un cultivo, ya que el rendimiento de éste viene dado por la capacidad de acumular biomasa en los órganos que se destinan a la cosecha (Peil y Gálvez, 2005). En la Figura 2 se presenta la partición de la materia seca en los diferentes órganos de la planta

(raíz, tallo, hoja, flor y fruto) y se observa que en las primeras etapas de crecimiento hubo una producción de biomasa en los órganos en el orden de hojas>tallo>fruto>raíz, similar a lo reportado por Betancourt y Pierre (2013) y Hernández et al. (2009). Luego se produjo una continua acumulación de materia seca en la parte aérea en donde los frutos aportaron gran parte de este contenido en la fase de plena producción de la planta.



**Figura 2.** Curvas de distribución de la materia seca (MS) por planta en los diferentes órganos de cuatro cultivares de tomate en función de los días después del trasplante (ddt). En el Cuadro 1 se presentan las respectivas ecuaciones de regresión, R<sup>2</sup> y la probabilidad estadística (P)

El modelo polinómico segundo grado fue el que ofreció mayor coeficiente de determinación en la acumulación de materia seca en los tejidos (Cuadro 1). Con las ecuaciones de regresión fue posible obtener el valor instantáneo de la materia seca acumulada en cada uno de los órganos de las plantas, teniendo a los días después de trasplante como variable independiente, de manera similar a lo realizado por Casierra et al. (2007). En el Cuadro 2 se presenta la distribución porcentual observada en los órganos de los cultivares al momento de mayor acumulación, cuando los frutos, en promedio, representaron el 37 % de la materia seca total, a diferencia del 68 % reportado por Fayad et al. (2001). Peil y Galvez (2005)

indicaron que la gran variación en la distribución de materia seca, que suele producirse durante un ciclo de cultivo, puede ocasionar reducción en la producción y variabilidad en la calidad de los frutos.

En el Cuadro 3 se presentan componentes del crecimiento vegetativo y reproductivo con respecto a la relación fuente/sumidero a los 75 ddt en los diferentes cultivares. Se observa que el rendimiento de fruto fresco fue menor a medida que disminuyó la relación entre el número de hojas y de frutos. En tal sentido, Peil y Galvez (2005) señalan que una relación desfavorable fuente/sumidero, frecuentemente ocasiona abortos o alteraciones en el desarrollo de primordios florales, flores o frutos.

**Cuadro 1.** Ecuaciones de regresión que representan la distribución de la materia seca en los diferentes órganos de cuatro cultivares de tomate ( $y$  = gramos por órgano,  $x$  = días después del trasplante)

Órgano	Cultivar	Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>	Probabilidad (P)
Raíz	El Cid	$y = -0,0003x^2 + 0,1038x - 1,4082$	0,87	0,006
	Dominator	$y = -0,0007x^2 + 0,1624x - 2,7712$	0,68	0,05
	L2	$y = 0,0001x^2 + 0,0405x - 0,2364$	0,89	0,003
	L3	$y = -0,0005x^2 + 0,1232x - 1,4261$	0,92	0,002
Tallo	El Cid	$y = -0,0047x^2 + 1,4135x - 22,308$	0,94	0,008
	Dominator	$y = -0,0048x^2 + 1,3139x - 18,439$	0,88	0,005
	L2	$y = 0,0019x^2 + 0,544x - 8,1221$	0,95	0,006
	L3	$y = -0,0041x^2 + 1,2369x - 20,18$	0,98	0,001
Hoja	El Cid	$y = -0,0163x^2 + 2,7573x - 40,581$	0,94	0,001
	Dominator	$y = -0,0076x^2 + 1,6038x - 20,651$	0,80	0,01
	L2	$y = -0,0059x^2 + 1,3397x - 14,852$	0,71	0,04
	L3	$y = -0,0086x^2 + 1,6204x - 19,569$	0,84	0,01
Flor	El Cid	$y = -0,0012x^2 + 0,3223x - 8,1214$	0,94	0,003
	Dominator	$y = -0,0011x^2 + 0,3005x - 7,0716$	0,80	0,04
	L2	$y = 0,0016x^2 - 0,0436x + 0,0893$	0,99	0,001
	L3	$y = 8E-05x^2 + 0,1597x - 4,8864$	0,99	0,001
Fruto	El Cid	$y = -0,051x^2 + 9,7817x - 337,28$	0,87	0,04
	Dominator	$y = -0,067x^2 + 11,502x - 384,81$	0,94	0,01
	L2	$y = -0,0284x^2 + 5,5254x - 187$	0,92	0,02
	L3	$y = -0,0436x^2 + 7,7531x - 258,78$	0,88	0,04

**Cuadro 2.** Distribución de la materia seca en los diferentes órganos de la planta, al momento de mayor acumulación, en cuatro cultivares de tomate.

Cultivar	Días después del trasplante	Porcentajes				
		Raíz	Tallo	Hoja	Flor	Fruto
		$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$
El Cid	84	2 ± 1,0	22 ± 0,58	25 ± 1,15	3 ± 0,58	48 ± 3,51
Dominator	102	3 ± 1,15	32 ± 4,36	27 ± 2,31	6 ± 1,53	32 ± 6,08
L2	112	3 ± 0,58	31 ± 2,08	29 ± 2,52	6 ± 0,58	31 ± 4,36
L3	98	2 ± 0,58	29 ± 3,51	28 ± 1,73	5 ± 1,15	36 ± 5,51

SD: desviación estándar

**Cuadro 3.** Componentes del crecimiento vegetativo y reproductivo a los 75 días después del trasplante y rendimiento en cuatro cultivares de tomate

Cultivar	Nº hojas por planta	Nº frutos por planta	Relación	Rendimiento
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	Nº hojas/Nº frutos	kg-ha <sup>-1</sup>
El Cid	55,67 ± 8,08	25,67 ± 4,73	2,16	148.580
Dominator	74,33 ± 7,37	41,67 ± 12,01	1,78	134.090
L2	35,67 ± 10,97	27,00 ± 3,46	1,32	71.990
L3	34,00 ± 5,29	30,67 ± 9,07	1,10	63.480

SD: desviación estándar

**Concentración de macronutrientes en los cuatro cultivares de tomate durante el ciclo**

del cultivo. Para todos los cultivares se puede observar que el nitrógeno acumulado decreció

en la parte aérea (hojas, tallo, flores), mientras aumentó de forma progresiva en el fruto (Figura 3). Betancourt y Pierre (2013) indican que los frutos son los principales extractores de nitrógeno al final del ciclo del cultivo, lo cual se relaciona con la translocación del elemento de la parte vegetativa hacia los órganos de consumo.

Bertsch (2005) acotó que cuando se expresan las cantidades de nutrientes absorbidas en forma porcentual durante un ciclo del cultivo utilizando el consumo máximo como el 100%, se pueden observar los momentos de máxima absorción; esta información es importante sobre todo para el manejo del nitrógeno ya que este es un elemento muy dinámico en el suelo y es necesario fraccionarlo para evitar pérdidas. Al observar la Figura 3, se denota que la dinámica de absorción de N cambió inclusive entre los cultivares; esta información es valiosa ya que permite conocer las épocas de mayor requerimiento para determinar cuándo y cuánto fraccionar.

La extracción total de nitrógeno en el tomate el Cid se presentó de modo creciente hasta los 84 ddt cuando absorbió aproximadamente 95 kg·ha<sup>-1</sup> (Figura 3). Al respecto Tei et al. (2002), utilizando distintos niveles de fertilización para establecer el nivel crítico en la curva de absorción de nitrógeno en tomate cultivado en campo, encontraron que para producir 5 toneladas de materia seca por hectárea el tomate requiere 133 kg de N, aproximadamente, según el modelo. Bugarín et al. (2011) al determinar la extracción de nitrógeno en el tomate durante su ciclo de crecimiento, encontraron una tasa de asimilación de 276,8 kg·ha<sup>-1</sup> del elemento con un rendimiento comercial en fruto de 6,88 kg por planta. En cambio la extracción de nitrógeno en los cultivares el Cid, Dominator, L2 y L3 estuvo en el orden de 95, 58, 55 y 54 kg·ha<sup>-1</sup> de N con una producción en fruto fresco de 6,46; 5,83; 3,13; 2,76 kg por planta, respectivamente.

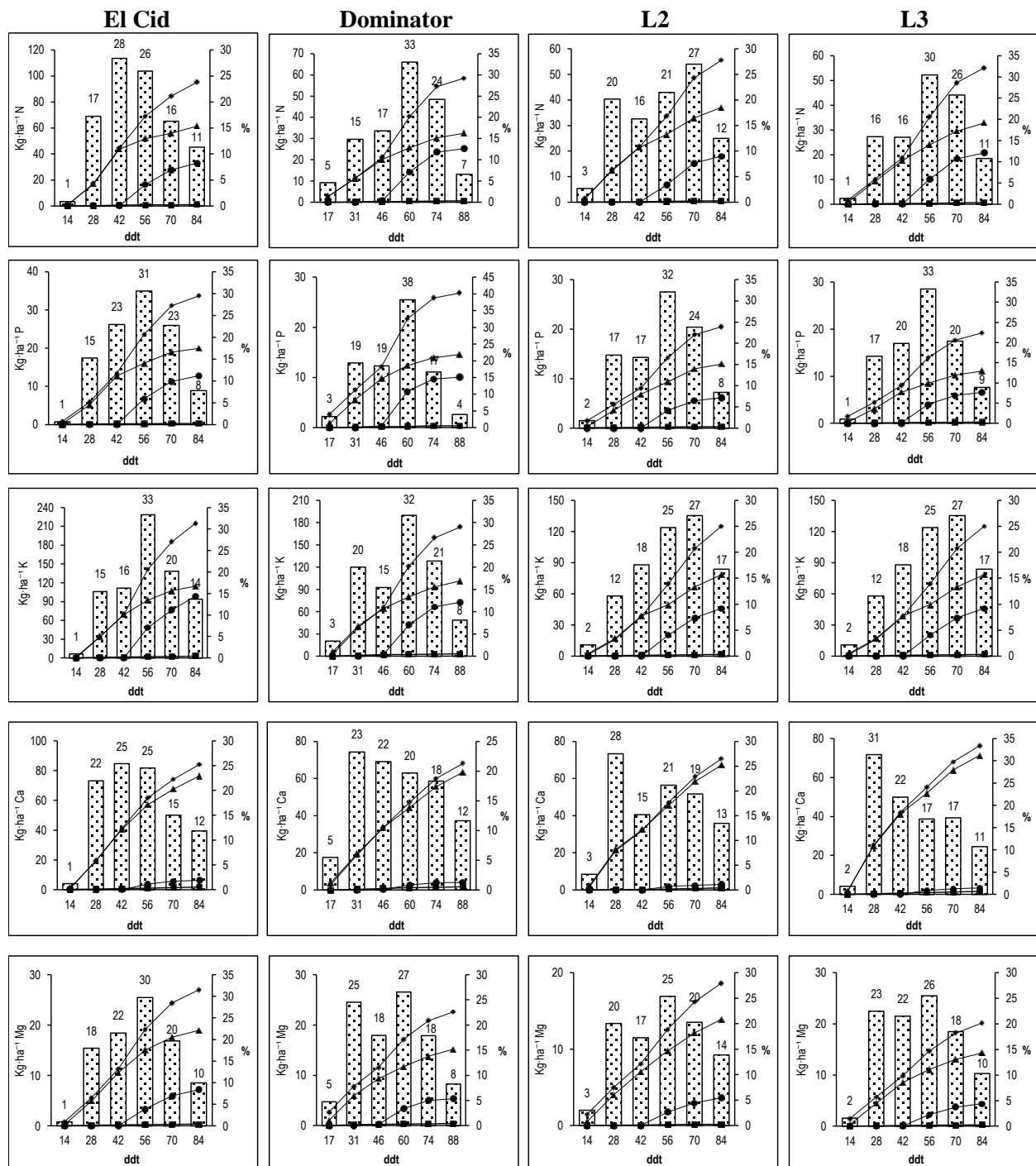
La extracción de fósforo en los distintos tipos de tomate se presentó de forma sostenida hasta los 84 ddt. En esta etapa el Cid absorbió 33 kg·ha<sup>-1</sup> de P. De modo similar se presenta el determinado Dominator y los indeterminados L2-L3 los cuales presentaron una absorción de P de 25, 19 y 18 kg·ha<sup>-1</sup> de P, respectivamente (Figura 3).

El nitrógeno y el potasio fueron los macroelementos que los cultivares demandaron en mayor cantidad, lo cual coincide con lo señalado por Campos et al. (2010). Bugarín et al. (2002) consideran que la absorción de potasio se incrementa aceleradamente a partir de los 40 ó 60 ddt dependiendo del ciclo del cultivo. Este incremento observado en los materiales evaluados se atribuye a la formación y crecimiento de los frutos, los cuales demandan altas cantidades de K hasta la época de cosecha, consumiendo en esta etapa 216 kg·ha<sup>-1</sup> de K en el Cid y 177, 126 y 148 kg·ha<sup>-1</sup> en el determinado Dominator y los indeterminados L2 y L3, respectivamente.

Cabe destacar que los cultivares recibieron una fertilización significativa de aproximadamente 265 kg·ha<sup>-1</sup> de K lo que repercutió positivamente en la producción de biomasa aérea en las plantas, debido a que el flujo de carbohidratos en el floema es más intenso cuando las plantas reciben una adecuada fertilización de K y la eficiencia de absorción del nutrimento así como la habilidad de la planta de tomate para concentrar este elemento en la corriente xilemática tiene una relación positiva con el crecimiento aéreo (Hernández et al., 2009). Además, existió una tendencia hacia la disminución de absorción de K en la parte aérea al final de la etapa de crecimiento, similar a lo reportado por Betancourt y Pierre (2013).

Se encontró mayor cantidad de calcio en la parte aérea del tomate (hojas, tallo, flores), debido a que este elemento se acumula en los tejidos dada su baja movilidad en la planta (Betancourt y Pierre., 2013). Es por ello que este nutriente se puede reciclar al incorporar los residuos de las plantas al suelo (Figura 3).

El fruto del tomate el Cid durante el periodo de la cosecha absorbió 0,21% de calcio y 0,25% de magnesio, similar al 0,2 % de dichos elementos reportado por Maher (1976). La extracción total de calcio y de magnesio en los distintos cultivares de tomate se presentó de forma progresiva hasta la etapa de cosecha, alcanzando 84 kg·ha<sup>-1</sup> de Ca en el Cid y 69, 71 y 76 kg·ha<sup>-1</sup> en Dominator, L2 y L3 respectivamente. El magnesio que se absorbió en esta etapa fue de 26 kg·ha<sup>-1</sup> en el Cid y 21, 18 y 19 kg·ha<sup>-1</sup> en Dominator, L2 y L3, respectivamente.



**Figura 3.** Curvas de acumulación de N, P, K, Ca y Mg en cuatro cultivares de tomate. Las barras representan las cantidad porcentual de nutrientes absorbidos durante el ciclo del cultivo.

(◆) Planta entera, (▲) Parte aérea (hojas, tallos), (●) Fruto, (■) Raíz

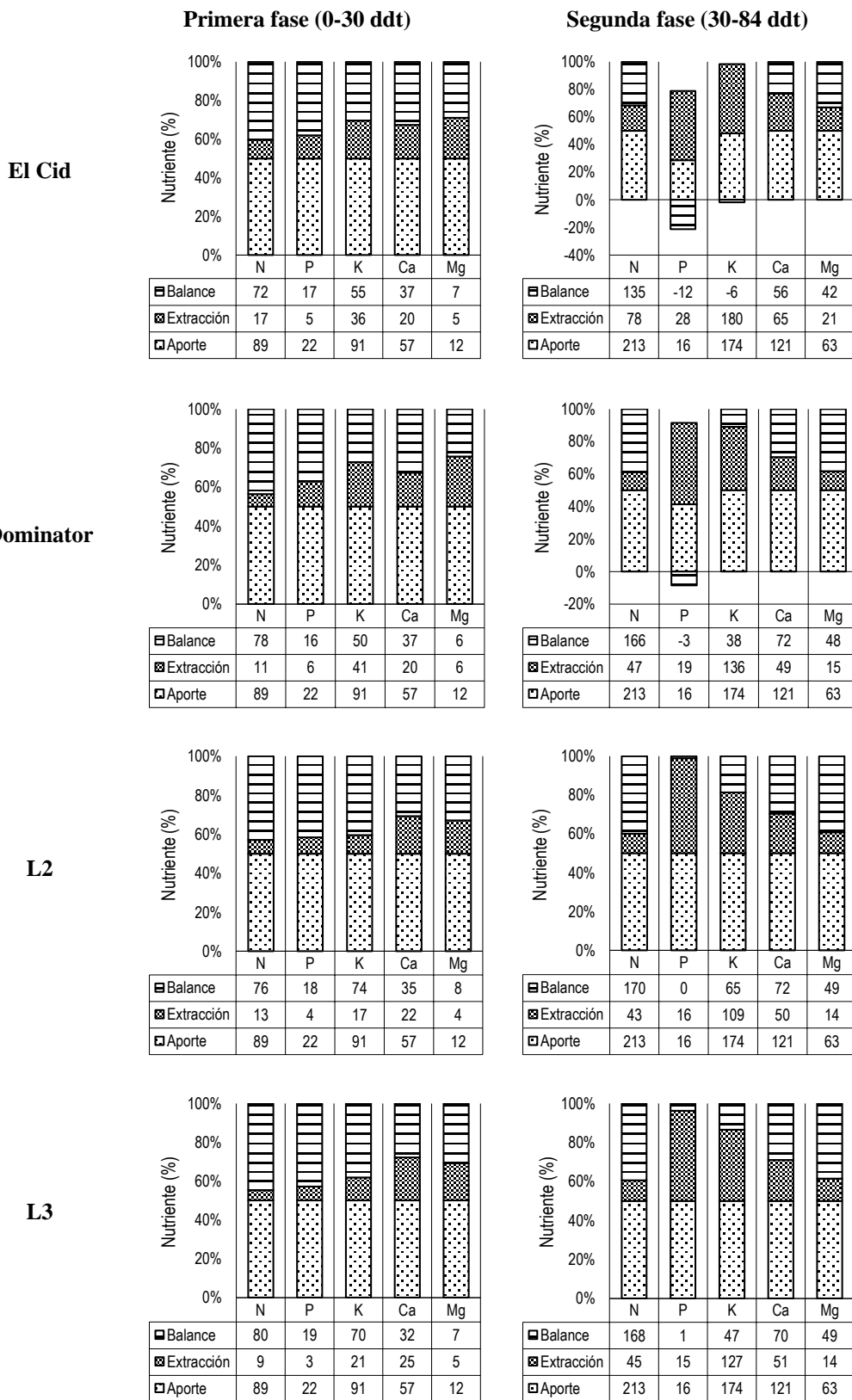


Figura 4. Aporte, extracción y balance nutricional de macronutrientes (kg-ha<sup>-1</sup>) en cuatro cultivares de tomate en las dos fases del plan de fertilización



Con respecto a la absorción total de macronutrientes de los distintos cultivares de tomate, se encontró que la extracción de N, Ca y Mg fue superior en la parte aérea (hoja, tallos y flores), mientras que el P y K se acumularon principalmente en los frutos, de forma similar a lo reportado por Betancourt y Pierre (2013).

En los sistemas de fertirriego actuales aún existe la necesidad de precisar la dosis de fertilizantes que debe utilizarse para incrementar la eficiencia y aprovechamiento de los nutrimentos sin deterioro de los recursos naturales. Una forma de proceder es mediante la cuantificación de la demanda nutrimental del cultivo, permitiendo hacer los ajustes necesarios en el manejo de la fertilización (Duarte et al., 2010).

Al realizar el balance entre lo aportado por el sistema de fertirrigación en nuestro estudio con lo consumido en macronutrientes N, P, K, Ca y Mg a lo largo del periodo de crecimiento de la planta, se determinó que para el Cid existe un déficit de P y K en la segunda fase (12 y 6 %, respectivamente) que debe ser aportado por el suelo (Figura 4). Esta información es relevante para los técnicos y productores del campo en virtud de corregir los programas de fertilización y de esta manera evitar el déficit o excesos en la entrega de nutrimentos para los cultivos.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Los cultivares de tomate evaluados presentaron, a lo largo del ciclo, la típica curva sigmoidal de crecimiento y en la etapa de maduración acumularon entre 4,8 y 7,9 toneladas de materia seca por hectárea.

Se presenta una dinámica de absorción compleja para los macronutrientes evaluados en los distintos tipos de tomate, por lo cual se recomienda fraccionar las aplicaciones tomando en cuenta los momentos de mayor absorción para el uso racional de los recursos en el programa de fertilización.

El Ca se concentró en la parte aérea de la planta (hojas y tallos), por lo cual se recomienda reciclar el elemento e incorporarlo de nuevo al suelo.

## **LITERATURA CITADA**

1. Bertsch, F. 2005. Estudios de Absorción de Nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización. *Informaciones Agronómica* 57: 1-10.
2. Betancourt, P. y Pierre, F. 2013. Extracción de macronutrientes por el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill. var. Alba) en casas de cultivo en Quíbor, estado Lara. *Bioagro* 25(3): 181-188.
3. Bugarín, R., A. Galvis, P. Sánchez y D. García. 2002. Acumulación diaria de materia seca y de potasio en la biomasa aérea total de tomate. *Terra Latinoamericana* 20(4): 401-409.
4. Bugarín, R., M. Virgen, A. Galvis, D. García, T. Hernández., I. Bojorquez y A. Madueño. 2011. Extracción de nitrógeno en seis especies olerícolas durante su ciclo de crecimiento. *Bioagro* 23(2): 93-98.
5. Campos, A., M. Mello, P. Perdigão, C. Guarino, P. Gesualdi, y F. Souza. 2010. Dry matter production and nutrient accumulation after successive crops of lettuce, tomato, rice, and andropogon-grass in a substrate with zeolite. *R. Bras* 34: 435-442.
6. Casierra, F., M. Constanza y J.Cárdenas. 2007. Análisis de crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersion esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. *Agronomía Colombiana* 25(2): 299-305.
7. Duarte, C., M. Ajete, F. González, C. Bonet, y C. Sierra. 2010. Dosificación de fertilizante para el fertirriego del tomate protegido en Ciego de Ávila. *Rev Cie Téc Agr*. 19: 12-16.
8. Durán, R. 2013. Rehabilitación de Suelos Agrícolas con Compostaje. Grupo Latino Editores. Bogotá. 359 p.
9. Fayad, J., P. Fontes, A. Cardoso, L. Finyer, y F. Ferreira. 2001. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 19(3): 232-237.
10. FEDEAGRO. 2013. Base de datos estadísticos de la confederación de asociaciones de productores agropecuarios. <http://www.fedeagro.org/> (consulta del 23/04/2015).
11. Hebbbar, S., B. Ramachandrapa, H. Najappa, y

- M. Prabhakar. 2004. Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Europ. J. Agronomy* 21: 117-127.
12. Hernández, M., Chailloux, V. Moreno, M. Mojena y J. Salgado. 2009. Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y su efecto en la acumulación de biomasa y extracción de nutrientes. *Cultivos Tropicales* 30(4): 71-78.
13. ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 1989. El Análisis de Suelos, Plantas Y Aguas Para Riego. Bogotá.
14. INIA (Instituto Nacional de investigaciones agrícolas). 2005. Cultivo de Hortalizas en Venezuela. [http://www.fundacite-zulia.gob.ve/download/ Manual\\_hortalizas.pdf](http://www.fundacite-zulia.gob.ve/download/Manual_hortalizas.pdf). (consulta del 12/04/2014).
15. Maher, M. 1976. Growth and nutrient content of a Glasshouses tomato crop grown in peat. *Scientia Horticulturae* 4: 23-26.
16. Peil, R. y Gálvez, J. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Agrociencia* 11: 05-11.
17. Sancho, H. 1999. Curva de absorción de nutrientes: importancia y uso en los programas de fertilización. *Informaciones Agronómicas* 36: 11-13.
18. Tei, F., P. Benincasa, y M. Guiducci. 2002. Critical nitrogen concentration in processing tomato. *Europ. J. Agronomy* 18: 45-55.