

ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA, N, P Y K EN FRIJOL CULTIVADO BAJO LABRANZA MÍNIMA Y CONVENCIONAL EN UN MOLLISOL DE VENEZUELA

ACUMULATION OF DRY MATTER, N, P AND K IN COWPEA GROWN UNDER MINIMUM AND CONVENTIONAL TILLAGE IN A MOLLISOL OF VENEZUELA

Rodolfo Delgado*, Evelyn Cabrera de Bisbal*, Bethsaida Ortega** y Lorenzo Velásquez***

* Investigadores y **Técnico Asociado a la Investigación. INIA-CENIAP y *Profesor de Postgrado en Ciencias del Suelo. FAGRO UCV. Área universitaria, Maracay 2101. Apto. Postal 4669. Email: rdelgado@inia.gob.ve
*** Investigador. INIA- Portuguesa.

RESUMEN

El conocimiento del patrón de acumulación de materia seca (MS), y nutrimentos en frijol, *Vigna unguiculata*, puede emplearse para mejorar la cantidad y épocas de fertilización y mejorar prácticas de manejo. En este estudio se evaluó la acumulación de MS, N, P, y K en hoja, tallo, grano, vaina, y área foliar (ÁF) a los 15, 29, 43, 58, y 73 días después de germinación (DDG) en frijol variedad Tuy, cultivado en labranza mínima (LM) y labranza convencional (LC), en un Mollisol del estado Aragua, en un experimento en bloques con tratamientos distribuidos aleatoriamente con 3 repeticiones. En cada unidad experimental se cosecharon 3 plantas por muestreo. El patrón de acumulación de MS, N, P, y K fue similar en LC y LM, y en promedio 69% de la MS, y 92, 79 y 78% del N, P, y del K es acumulado entre 43 y 58 DDG. La MS, N, P, y K en LC fue estadísticamente mayor que en LM a los 15 y 58 DDG para N, a los 58 DDG para P, y 43 y 58 DDG para K. La relación ÁF/MS no presentó diferencias entre LC y LM: decreció, en promedio, desde 412,95 cm²/g MS a los 15 DDG, hasta 72 cm²/g MS a los 58 DDG. El P, K, y N absorbido, de manera individual, explican entre 99 y 94%, 98 y 90%, y 73 y 37% de la variación en MS en LC y LM, respectivamente.

Palabras Clave: Acumulación; nutrimentos; *Vigna unguiculata*; labranza; patrón acumulación materia seca.

SUMMARY

The knowledge of the pattern of dry matter (DM) production and nutrient uptake by cowpea, *Vigna unguiculata*, could be useful to improve the quantity and application time of fertilizers. We evaluated the accumulation of DM, N, P, and K in leaf, stem, grain, pod, and foliar area (FA) at the 15, 29, 43, 58, and 73 days after germination (DAG) in cowpea (variety Tuy), sowed under minimum (MT) and conventional tillage (CT), in a Mollisol soil located at Aragua state in Venezuela, in an experiment of Random block design with three repetitions. In each sampler time three plants were collected in each experimental unit. We found that the pattern of DM accumulation and of nutrient uptake were similar between MT and CT, and in average 69% of the DM, and 92, 79 and 78% of the N, P, and K were accumulated in the period between 43 and 58 DAG. The DM, N, P, and K in CT were statistically greater than in MT at the 15 and 58 DAG for N, at the 58 DAG for P, and 43 and 58 DAG for K. The ratio FA/DM were similar in CT and MT: in average, it decreased since 412.95 cm²/g DM at the 15 DAG, until 72 cm²/g DM at the 58 DAG. The P, K, and N taken up, individually, explain between 99 and 94%, 98 and 90%, and 73 and 37% of the variation in DM in CT and MT respectively.

Key Words: Cowpea; *Vigna unguiculata*; dry matter accumulation pattern; tillage; nutrients uptake.

RECIBIDO: abril 15, 2008

ACEPTADO: junio 26, 2009

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, el frijol es una de las principales leguminosas cultivadas y de gran importancia en la dieta para cubrir los requerimientos nutricionales de la población. El frijol se cultiva en diferentes sistemas de producción, prácticas de manejo, labranza y condiciones de fertilidad de suelos, sin embargo, poco se conoce del patrón de crecimiento y absorción de nutrimentos del mismo y de la relación entre estos, lo que puede ser utilizado para el establecimiento de prácticas apropiadas de manejo (ejemplo dosis y épocas de fertilización, y riego). Los estudios realizados en frijol normalmente se han orientado hacia la evaluación de variedades, prácticas de manejo (ejemplo densidad de siembra, aplicación de dosis y fuentes de nutrimentos), evaluaciones agronómicas (determinación de producción) y el impacto de utilización de frijol en rotación con cereales (maíz).

El conocimiento del patrón de acumulación de materia seca (MS) y nutrimentos, repartición de los mismos entre los diferentes órganos de la planta, la relación entre producción de MS y el mismo. Así como, el impacto de diferentes prácticas de manejo o variaciones ambientales en los mismos podría permitir diseñar, entre otros aspectos, sistemas de manejo para mejorar la producción y desempeño del cultivo, e incrementar la eficiencia de uso de insumos (ejemplo fertilización, agua del suelo), o recursos naturales (ejemplo radiación, fechas de siembra, densidad de siembra).

En sus trabajos, Gumbs *et al.* (1982) encontraron que la concentración de N y P de las hojas de frijol variaron posiblemente asociado a cambios o variaciones en el contenido de humedad del suelo e indican que la suplencia de estos nutrimentos debe ser adecuada incluso después de floración.

Por otra parte, Imsande (1988), destaca que las tasas de acumulación de peso fresco y de acumulación de N-nitrato por frijol se incrementan desde el inicio del ciclo del cultivo hasta el comienzo de la etapa reproductiva donde alcanzan el máximo, disminuyendo luego de ello. En la etapa de llenado de vaina se absorbe entre 32 y 23% del N del N total absorbido durante el ciclo del cultivo.

En estudios de respuesta del frijol a la aplicación de P, y concentración y absorción de nutrimentos, Fageria (1991), encontró que la acumulación de la MS aérea total se incrementó levemente hasta los 30 d, lo que de manera drástica hasta los 56 d, después se incrementó ligeramente hasta los 76 d.

La acumulación de P presentó un patrón similar al de MS, pero entre los 56 y 76 d este disminuyó, lo cual se atribuye a la redistribución de este elemento hacia la formación del fruto. Así mismo, denota que, la distribución relativa al total de nutrimento absorbido por el frijol, las raíces retienen el máximo de Fe (72%) y el mínimo de K y Ca (5%), mientras que en la parte aérea (sin incluir semilla y vaina) retienen el máximo de Ca (82%), y aproximadamente 50% de P, K, y Mg y 65% de Mn.

Además, indica que grandes cantidades de P (35%), K (36%), Zn (46%) y Cu (36%) fueron removilizadas a las semillas, mientras que en las vainas se observó cantidades apreciables de Mg (20%) y Cu (17%). De la distribución de nutrimentos en las partes de la planta, se sugiere la importancia de la incorporación de los residuos de frijol como un mecanismo de reciclaje de cantidades importantes de P, K, Ca, y Mg, y ello permitirá la reducción en los costos de fertilización en los diferentes sistemas de producción, suelos, o condiciones climáticas en las cuales se cultiva el frijol en Venezuela.

Relacionado al efecto del tipo de labranza en el patrón de acumulación de MS, producción y acumulación de nutrimentos, Gutiérrez *et al.* (2001) observaron mayor número de vaina (13,5 vainas / planta) en cero labranza (CL) que en labranza convencional (LC; 8,3 vainas / planta), aunque no se observó diferencias significativas en el número de granos por vaina (6,84 y 6,79 granos / vaina para CL y LC, respectivamente), y si en el peso de 100 semillas fue más elevado en LC (21,95 g 100⁻¹ semillas) que en CL (20,21 g 100⁻¹ semillas).

En este sentido, Gutiérrez *et al.* (2001) no detectaron diferencias significativas entre CL y LC en la producción de grano (1 895 y 1 732 kg ha⁻¹ en CL y LC, respectivamente). Por otra parte, Gumbs *et al.* (1982) indica que la concentración de N, P y K no fue afectada significativamente en las hojas de frijol debido al tipo de labranza.

En otros estudios, Awodun (2007) evaluando diferentes tipos e intensidad de labranza en un suelo franco arenoso de Nigeria, indica que se obtuvo menor rendimiento bajo mínima labranza (ML), sistema en el cual existía más elevados contenidos de humedad y nutrimentos en el suelo y señala que posiblemente la más elevada densidad aparente (Da) del suelo bajo LM influyó negativamente en la producción del cultivo. Adekalu y Okunade (2006), en tipos de labranza encontraron que la mayor producción del frijol se obtuvo con LM (pase de arado

de disco) y LC (arado de disco más rastra), en relación a CL o el acondicionamiento del terreno con escardilla, mantenía mayor cantidad de agua en el suelo.

En Venezuela, algunos esfuerzos se han orientado a la caracterización de materiales genéticos y de los componentes del rendimiento (Flores *et al.*, 2005), efectos de la fertilización y coberturas en la concentración de nutrientes en la semilla (Márquez *et al.*, 2003). Sin embargo, poco se ha analizado sobre el patrón de acumulación de MS y nutrientes, así como del impacto del tipo de labranza en los mismos, información que podría ser utilizada para mejorar la estrategia de fertilización y aplicación de riego complementario, y otras prácticas de manejo, y esto constituye el objetivo del trabajo.

En relación al tipo de labranza, se evaluará el impacto de la LC que es de amplio uso en el país, y se contrastará contra la LM que es conocida que mejora condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, pero que en etapas iniciales de su implementación podría generar algunos efectos no deseados que podrían impactar negativamente el desempeño del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del sitio experimental y del ensayo

El estudio se realizó en un suelo Fluventic Haplustoll ubicado en el campo experimental del INIA-CENIAP, en Maracay, estado Aragua, a 10° 17' N y 67° 37' O, en el cual se condujo un estudio de evaluación de rotación

de maíz-frijol, maíz-soya, maíz-rastrojo cultivado en LM y LC.

En el Cuadro se indican las principales características físicas y de fertilidad del sitio experimental, evaluadas al final del cultivo previo maíz, y que corresponde a las condiciones iniciales para el frijol. En LC se observó, en los horizontes de 0 a 10 cm, Da inferiores a las de LM. La textura del suelo en los diferentes horizontes de LM y LC fue franca, y los contenidos de arcilla fluctuaron entre 15 y 22%, los de arena entre 40 y 55%, y el limo entre 34 y 40%.

El estudio de la acumulación de MS y de nutrientes durante el ciclo del cultivo del frijol y distribución de los mismos entre diferentes órganos aéreos de la planta, bajo LM y LC, se realizó en el tratamiento de rotación maíz-frijol.

El análisis se llevó a cabo en 3 repeticiones del tratamiento maíz-frijol. Las parcelas contaban de una área de 50 m² (5 m * 10 m), donde se sembró el frijol variedad Tuy a una distancia entre hilos de 0,5 m y entre plantas de 0,05 m (población de 400 000 plantas ha⁻¹). En LC el suelo se preparó mediante 3 pases continuos de rastra, mientras que en LM sólo se disturbó para la colocación del fertilizante en banda entre 5 a 8 cm del hilo de siembra.

La siembra se efectuó a coa, aproximadamente 3-4 cm de profundidad. En el ciclo del frijol no fue empleado la aplicación de fertilizantes, enmiendas, o riego, y se permitió que el frijol utilizara los nutrientes y humedad remanentes del cultivo previo (maíz).

CUADRO. Principales características físicas y de fertilidad del suelo en los tratamientos de labranza mínima y labranza convencional.

| Profundidad (cm) | P disponible | | K disponible | | Materia orgánica (%) | | Parámetros de suelo | | | | Micro-porosidad (%) | | Macro-porosidad (%) | |
|------------------|---------------------|----|---------------------|-----|----------------------|------|---------------------|--------------------------|------|------|---------------------|------|---------------------|------|
| | mg kg ⁻¹ | | mg kg ⁻¹ | | | | pH 1:2,5 | Da (g cm ⁻³) | | | | | | |
| | LM | LC | LM | LC | LM | LC | LM | LC | LM | LC | LM | LC | LM | LC |
| 0 - 5 | 31 | 55 | 173 | 234 | 2,97 | 2,77 | 6,70 | 6,68 | 1,64 | 1,62 | 37,6 | 38,2 | 17,3 | 19,3 |
| 5 - 10 | 25 | 35 | 127 | 136 | 2,23 | 2,00 | 6,86 | 6,69 | 1,74 | 1,70 | 42,0 | 36,6 | 13,4 | 14,5 |
| 10 - 20 | 17 | 26 | 85 | 83 | 2,11 | 1,74 | 7,11 | 7,00 | 1,72 | 1,73 | 38,4 | 36,0 | 14,4 | 16,5 |
| 20 - 30 | 14 | 19 | 63 | 70 | 1,94 | 1,65 | 7,49 | 7,30 | 1,69 | 1,68 | 41,1 | 33,2 | 15,2 | 17,0 |
| 30 - 40 | 13 | 11 | 74 | 57 | 2,03 | 0,91 | 7,58 | 7,70 | 1,73 | 1,68 | 44,1 | 34,1 | 12,6 | 18,2 |
| 40 - 50 | 8 | 5 | 66 | 36 | 1,35 | 0,40 | 5,38 | 7,89 | 1,67 | 1,70 | 42,6 | 36,8 | 13,1 | 16,0 |

Evaluación de acumulación y distribución de materia seca y nutrimentos, y área foliar

La evaluación de MS se realizó a los 15, 29, 43, 58, y 73 días después de la germinación (DDG). En cada muestreo se seleccionaron 3 plantas en cada una de las 3 repeticiones de LM y LC y se separaron en hojas, tallos, y fruto (vainas, granos). En cada parcela, a 2 de las 3 plantas cosechadas se les determinó el área foliar (ÁF) mediante el empleo de un equipo Escaner Delta-T SCAN; y se peso la MS de hojas asociada a esa ÁF. La MS total de hojas, tallos, y frutos se determinó colocando la totalidad del material fresco en estufa a 65 °C hasta peso constante. El material vegetal, una vez fuera de estufa, fue molido y tamizado a 2 mm para la determinación de N, P, y K. La determinación de N se realizó por digestión seca mediante LECO, y la determinación de P, y K, luego de digestión humedad mediante ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno, por colorimetría y absorción atómica, respectivamente. La absorción de nutrimentos se expresa basados a mg N, P, K / tres plantas.

Análisis estadístico: La determinación del análisis de la varianza y prueba de media se realizó mediante el programa estadístico SAS (1998), empleando los procedimientos Glm, Means y Reg. Para la prueba de media se utilizó Tukey ($\alpha = 5\%$), el análisis se realizó como un diseño completamente aleatorizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción y distribución de MS entre órganos de la planta durante el ciclo del cultivo en LM y LC

En al Figura 1 se indica la acumulación de MS total, y la distribución en las diferentes partes de la planta (hoja,

tallo y fruto) durante el ciclo del cultivo en LC y LM. La acumulación de MS total en LC, aunque durante todo el ciclo del cultivo fue más elevada que en LM, sólo fue significativamente superior a los 15 y 58 DDG. Posiblemente la mejor condición física del suelo en LC, debido a reducción de la Da del suelo, permitió un mejor desarrollo y producción de MS en los primeros 15 días después de la germinación (DDG).

De manera similar ocurrió en MS en hojas, tallos, fruto que fue significativamente mayor en LC que en LM a los 43 DDS para hojas, y a los 58 DDS en MS tallo y MS fruto.

El patrón de acumulación de MS en LC y LM es similar: el máximo de MS durante el ciclo del cultivo se observó a los 58 DDG, con un promedio de 58 y 21 g MS / 3 plantas para LC y LM, respectivamente. En los primeros 43 DDG únicamente se había acumulado aproximadamente 31% de la MS total producida durante el ciclo del cultivo (relativo al 100% acumulado a los 58 DDG donde se obtuvo el máximo) y es en el período entre 43 y 58 DDG se acumuló aproximadamente el 69% de la MS total producida: la tasa de acumulación de MS entre los 15 y 43 DDG fluctuó entre 0,49 y 0,16 g MS 3 plantas / día para LC y LM, respectivamente, mientras que entre los 43 y 58 DDG la tasa fluctuó entre 2,72 y 0,98 g MS 3 plantas / día para LC y LM, respectivamente.

En general, este comportamiento de acumulación relativa de MS, coincide con lo indicado por Jacquinet (1967) quien encontró que a los 38 y 57 DDS de las variedades de *Vigna* de ciclo corto por el evaluadas, sólo habían acumulado en promedio 8 y 35% de la MS total acumulada, respectivamente, y que ocurría un notable incremento en la MS total luego de los 58 d asociado a un incremento de la MS de tallos y de frutos.

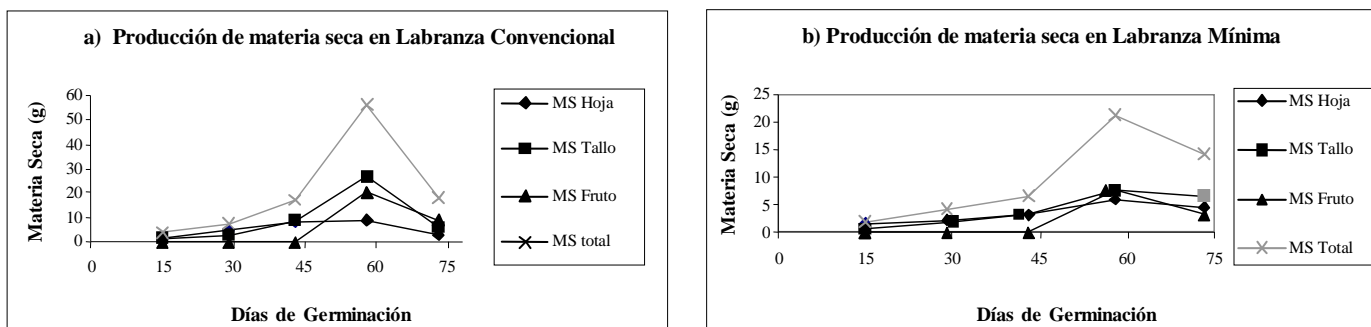


FIGURA 1. Producción de materia seca en diferentes órganos del cultivo de frijol cultivado en condiciones de labranza mínima y labranza convencional.

En relación a la distribución de la MS entre órganos de la planta, se observó que en los primeros 29 DDG la producción de MS total en hojas es mayor que la MS orientada a tallos en LC o similar que la MS en tallos en LM, y es después de esta fecha y hasta el final del ciclo del cultivo, que la MS en tallos es mayor que en hojas.

A los 43 DDG la acumulación relativa de MS fue 92% (LC) y 53% (LM) para hojas y 34% (LC) y 45% (LM) para tallo, lo que sugiere que la formación de hojas ocurre más rápidamente que la de tallo, aunque ambos órganos alcanzan el máximo (100% acumulación relativa) a los 58 DDG, coincidiendo con lo indicado por Jacquinet (1967) quien encuentra que la acumulación de MS en hojas alcanza su máximo antes que la máxima acumulación de MS en tallos.

Por otra parte, en el período entre 43 y 58 DDG, en el cual ocurre un incremento notorio de la MS total en LC y LM, se observó que 50% del mismo en MS total en este período, se debe a la producción de fruto, entre 36 y 30% a producción de tallos, y entre 20 y 21% a la producción de hojas.

La MS del fruto representó entre 37% (LC) y 36% (LM) a los 58 DDG, y entre 48% (LC) y 23% (LM) de la MS total a los 73 DDG, y la tasa de acumulación de MS de fruto en este período fluctuó entre 1,37 y 0,51 g MS 3 plantas / día en LC y LM. La MS de grano a los 73 DDG correspondió entre 34 y 12% de la MS total acumulada para LC y LM, respectivamente.

La disminución en la MS total, hojas, tallos, y frutos entre 58 y 73 DDG posiblemente tiene que ver con la

translocación de fotosintetizados, y nutrimentos desde los diferentes órganos de la planta (ejemplo hojas y tallos) hacia la formación de grano. Sin embargo, no se descarta que en ese período haya ocurrido pérdida de materia de la parte aérea de la planta hacia el suelo debido a la precocidad del cultivo.

Relación entre materia seca foliar y área foliar

En la Figura 2 se presenta el ÁF y su relación con la MS durante los primeros 58 DDG, en LC y LM. El ÁF en LC fue significativamente superior (Tukey = 5%) a la de LM a los 15, 28 y 43 DDG. El ÁF se incrementó hasta los 43 DDG en LC y hasta 29 DDG en LM, luego de lo cual disminuyó en LC y se mantuvo constante en LM. En LC el máximo de ÁF a los 43 DDG no coincide con la máxima producción de MS en hojas, la cual se extendió hasta los 58 DDG (Figura 1). Los días de máxima ÁF en LC coincide con los días de máxima índice de ÁF (de 45 a 60 días después de la siembra) encontrados por Littleton *et al.* (1979), aunque en LM la máxima ÁF se alcanza antes que en LC. Craufurd (1996) también señala máximos índices de ÁF, promedio de diferentes densidades de siembra, a los 45 d en una localidad, y a los 50 d en otra localidad (7 d luego de la floración), y en ambas localidades declinó rápidamente hasta el final del ciclo del cultivo.

La relación del radio $\text{ÁF} / \text{MS}$, no presentó diferencias significativas entre LM y LC en ninguno de los muestreos realizados durante el ciclo del cultivo, y la misma tiende a decrecer desde los 15 DDG, tendió entre 540,5 y 285,4 cm^2 / g MS en LC y LM, respectivamente, hasta los 58 DDG donde fluctuó entre 151 y 93 cm^2 / g MS en LC y LM.

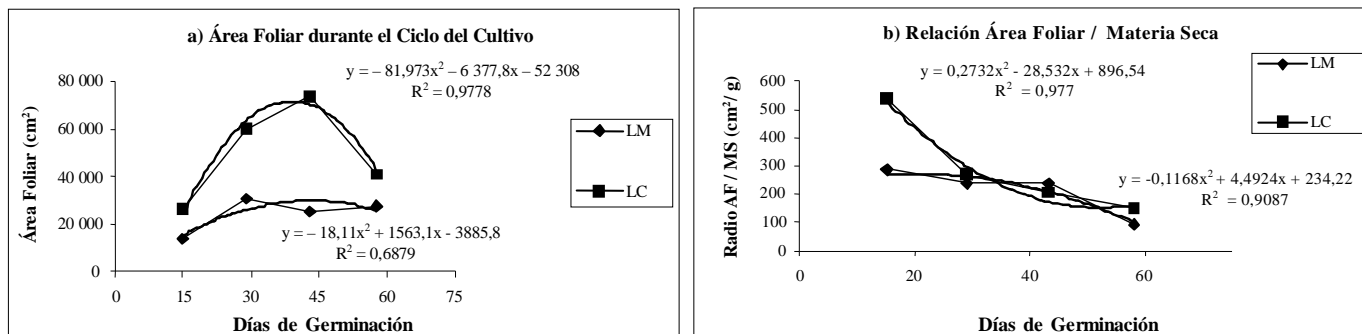


FIGURA 2. Desarrollo del área foliar y su relación con la producción de materia seca en hojas durante el ciclo de cultivo en frijol establecido en condiciones de labranza mínima y labranza convencional.

Concentración de nutrimentos en los diferentes órganos de la planta durante el ciclo del cultivo

Durante el ciclo del cultivo, no se encontró diferencias significativas en la concentración de N, P, y K entre hojas de LC y LM, y en la concentración de estos nutrimentos entre tallos de LC y LM. Debido a ello, en la Figura 3 se presenta la concentración de N, P, y K en hoja y tallo promediada a través de tipo de labranza, durante el ciclo del cultivo.

La concentración de N en hoja fue significativamente más elevada que en el tallo a los 15, 60 y 75 DDG. La concentración de N tiende a decrecer desde los 15 DDG (3,45 y 2,19% en hoja y tallo, respectivamente) hasta los 45 DDG donde se obtienen las concentraciones más bajas durante el ciclo del cultivo (1,57 y 1,04% en hojas y tallos, respectivamente); y luego se incrementa de manera sostenida hasta los 75 DDG donde se obtienen los valores más elevados durante el ciclo del cultivo (11,5 y 4,93% en hojas y tallos, respectivamente).

El análisis de la variación promedio de la concentración de N (entre tipo de labranza y órganos) durante el ciclo del cultivo, muestra claramente que la concentración de N a los 75 DDG (8,21%) fue significativamente superior que la concentración de N en los muestreos a los 15 (2,83%), 29 (3,63%), 43 (1,30%), y 2,72% 60 DDG.

Así mismo, entre los 15 y 58 DDG la concentración de N fue similar, salvo entre 29 y 43 DDG donde en la primera la concentración de N (3,63%) fue significativamente mayor que en la segunda (1,30%).

En relación a la concentración de P, no se detectó diferencias significativas de este nutrimento en hojas y tallos cuando se comparó entre LC y LM, o cuando se comparó la misma de P en hoja y tallos promediada entre los 2 tipos de labranza, salvo a los 45 DDG en donde en hojas fue estadísticamente inferior (0,43%) que en tallos (0,47%; datos no mostrados). La concentración de P durante el ciclo del cultivo, promediado a través de tipo de labranza y órganos de la planta (hoja y tallo), denota una tendencia a decrecer desde los 15 y 30 DDG donde se encontró la concentración de P fue más elevado (0,78% y 0,72%, respectivamente) durante el ciclo del cultivo, hasta los 43 y 73 DDG donde se observó P más baja (0,45% y 0,46%, respectivamente).

La concentración de P a los 58 DDG presentó un incremento en relación al bajo valor observado a los 43 DDG, lo cual está asociado al incremento de MS, y posiblemente un incremento en el contenido de humedad en el suelo. Jacquinot (1967) indica que en los últimos 30 d del ciclo del cultivo se acumula cerca del 80% del P acumulado.

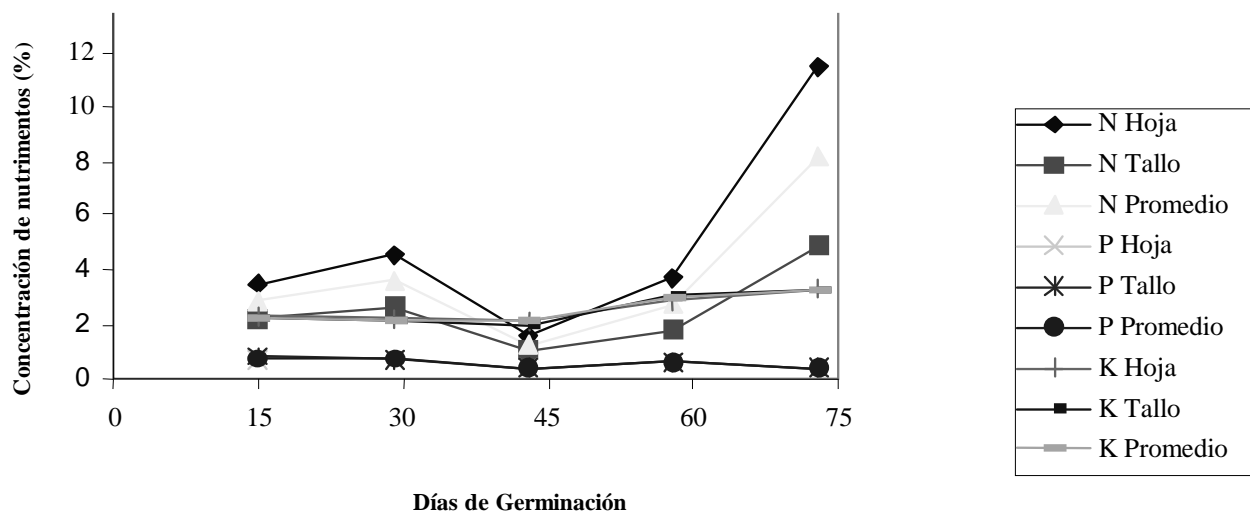


FIGURA 3. Concentración de nutrimentos en órganos de la planta durante el ciclo del cultivo del frijol.

La concentración de K, al igual que lo observado en N, y P, presentó una tendencia a decrecer desde los 15 DDG (2,19% y 2,57%) hasta los 43 DDG (2,01% y 2,04%) en LC y LM, respectivamente. Luego se observó un notable incremento entre los 43 y 58 DDG en LC donde la concentración de K fluctuó entre 2,01 y 3,78%, y un incremento menos dramático, pero, sostenido entre los 43 y 73 DDG en LM donde fluctuó entre 2,04 y 3,71%. Este último aspecto es diferente a lo observado en LC donde luego del notable incremento entre 43 y 58 DDG la concentración en general disminuyó ligeramente. La concentración de K en hoja y tallo fue ligeramente más elevada en LM que en LC a los 15 y 29 DDG, se hacen similares a los 43 DDG, y se hacen más elevadas en LC a los 58 DDG.

Acumulación absoluta de nutrientes y distribución entre órganos de la planta en LM y LC

En la Figura 4 se presenta la acumulación de N, P, y K durante el ciclo del cultivo en los diferentes órganos de la planta, y el total acumulado, en LC y LM. En general, la acumulación de N, P, y K es baja en los primeros 43 DDG, y es en el período entre 43 y 58 DDG, donde la absorción es elevada. A los 43 d entre 8,7 y 6,8% del N, entre 21,1 y 21,5% del P, y entre 18,7 y 25,7% del K total habían sido absorbidos en LC y LM, en ambas.

El patrón de acumulación de N, P, y K total durante el ciclo del cultivo es similar en LC y LM, sin embargo, en LC se observó, en todos los muestreos realizados durante el ciclo del cultivo, una mayor acumulación de N, P y K, lo que fue estadísticamente superior a los 15 y 58 DDG en N, a los 58 DDG en P, y 43 y 58 DDG en K (Figura 4). Del análisis de la acumulación de N, P, y K total durante el ciclo del cultivo se evidencia que el máximo de acumulación de estos se observó a los 58 DDG con valores 1 979, 372 y 1 841 mg de N, P, y K, respectivamente. Estos valores fueron significativamente superiores a los acumulados hasta los 43 DDG y a algunos de los observados a los 73 DDG, con la excepción de N a los 73 DDG en LC que fue similar a lo observado a los 58 DDG y al N y K a los 73 DDG que fue en el primer caso significativamente mayor (1 471 mg N) al N acumulado a los 58 DDG, y K (470 mg K) que fue estadísticamente similar al observado a los 58 DDG en LM.

Las tasas de acumulación de N, P, y K total absorbidos, que se estiman de la división de la cantidad de nutriente absorbida entre 2 períodos determinados entre

el tiempo transcurrido entre esos períodos, tomados de la Figura 4, presentaron 2 etapas bien diferenciadas durante el ciclo del cultivo: en los primeros 43 DDG las tasas de acumulación fluctuaron para N entre 3,98 y 2,34 mg N / d, para P entre 1,82 y 0,69 mg P / d, y para K entre 8,02 y 3,23 mg K / d en LC y LM, respectivamente. Sin embargo, en la etapa entre 43 y 58 DDG las mismas fluctuaron para N entre 120,5 y 14,01 mg N / d, en P entre 19,6 y 6,1 mg P / d, y en K entre 99,7 y 26,8 mg K / d en LC y LM.

Lo antes indicado sugiere que en el período entre 43 y 58 DDG se acumuló gran parte de los nutrientes requeridos por el cultivo, lo cual coincide con la elevada acumulación de MS en ese período, como se demostró anteriormente Jacquinet (1967) señala que 80% del P es absorbido en los últimos 30 d del ciclo del cultivo. La etapa luego de los 58 DDG, aunque presenta una tendencia general a declinar en los contenidos de N, P, y K posiblemente fue afectada por pérdida de MS directamente desde la planta al suelo, como se evidenció inicialmente (Figura 1).

La mayor acumulación de MS y nutrientes durante el ciclo del cultivo en LC que en LM, posiblemente tiene que ver o estar asociado a la variación en algunas propiedades físicas del suelo debido a la labranza, que podrían haber afectado el desarrollo del sistema radical, y con ello, el acceso y utilización del agua y nutrientes en el perfil del suelo. En este en el Cuadro 1, se puede comprobar que en LC la Da del suelo fue inferior en los horizontes 0-5 y 5-10 cm.

Por otra parte, del Cuadro 1 también se observa que los contenidos de P y K son más elevados, principalmente, en los primeros horizontes de LC, lo cual podría estar reflejando, que el efecto de la LC podría promover la mineralización de la materia orgánica del suelo, así como de los residuos orgánicos que se incorporan en el suelo, y ello afecta la disponibilidad y la mayor utilización de nutrientes por el frijol en LC.

La distribución relativa del N, P, y K total absorbido en cada muestreo entre los diferentes órganos de la planta, calculado de la división de la cantidad de nutriente en cada órgano entre la cantidad total de nutriente absorbido en ese muestreo, indica que hasta los 43 DDG existe una mayor proporción en hoja que en tallo; en LC en hoja fluctuó entre 60,9 y 56% y en tallo entre 39,1 y 40, mientras que en LM fluctuó entre 82,7 y 59,6 en hoja, y en tallo entre 17,3 y 40,4.

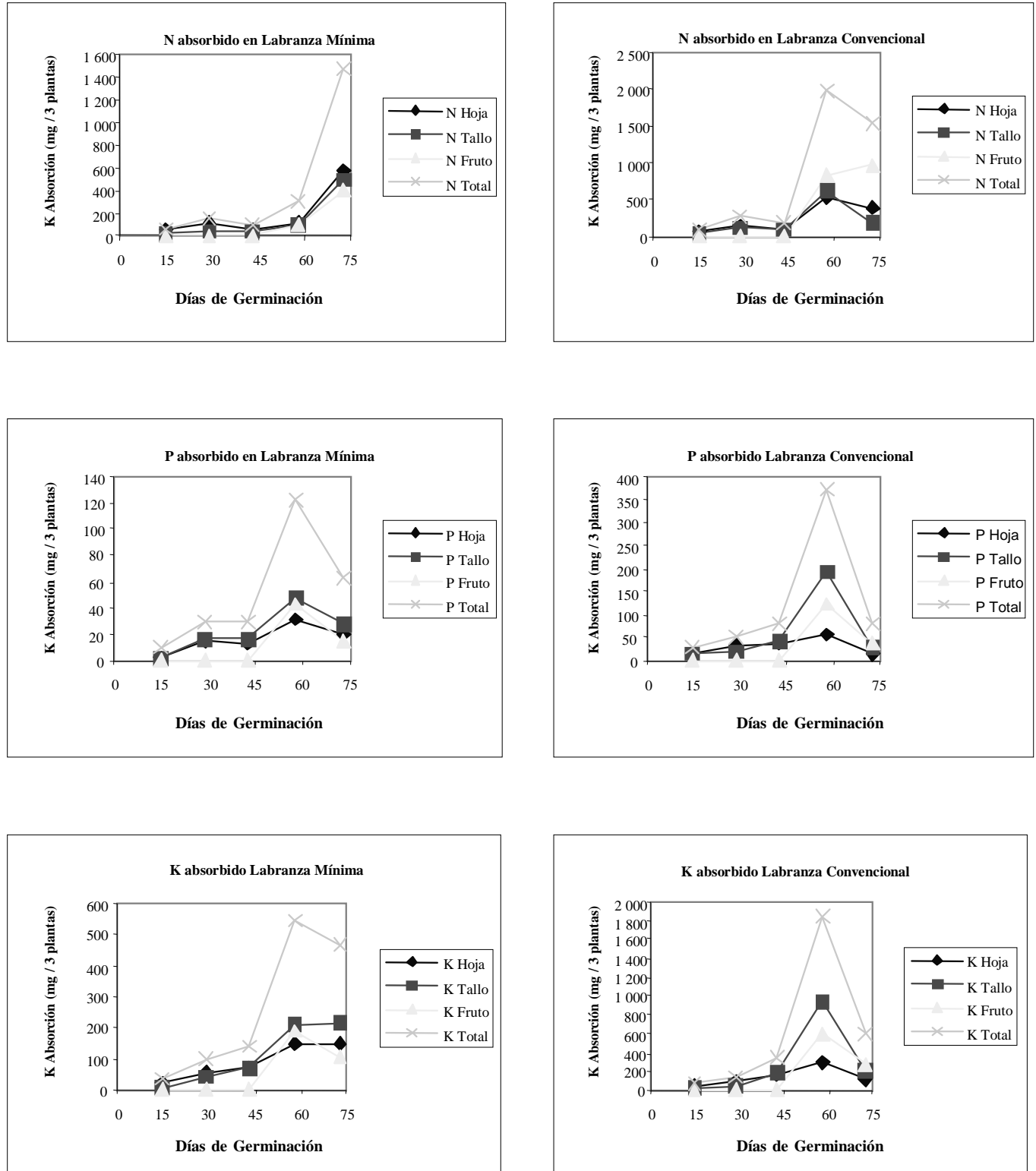


FIGURA 4. Absorción de N, P, y K durante el ciclo del cultivo en los diferentes órganos del frijol en condiciones de labranza mínima y labranza convencional.

Luego, a los 58 y 73 DDG en LC la proporción de N en hoja y tallo disminuyó; en hoja fluctuó entre 26 y 25% y en tallo entre 31,6 y 11,6%, siendo una mayor proporción orientada hacia el fruto (vaina y grano) donde fluctuó entre 42 y 64%, y en LM la proporción de N en hoja fluctuó entre 40 y 39%, en tallo entre 32 y 33%, y en fruto (vaina y grano) fluctuó entre 28 y 27%. Esta elevada distribución de N en hoja, y posteriormente en grano coincide con lo señalado por Jacquinet (1967), quien indica que, durante la etapa vegetativa, gran parte del N es localizado en hojas, y luego al final del ciclo este es derivado hacia frutos.

La distribución relativa de P y K en los diferentes muestreos sugiere que, en ambos sistemas de labranza, en los primeros 29 DDG, la mayor proporción de P y K está ubicada en las hojas, y a partir de los 43 DDG la mayor proporción de estos elementos es ubicada en los tallos. También se observa, de manera similar a lo indicado para N, que la proporción de P y K en hojas y tallos decrece a partir de los 43 DDG hasta los 73 DDG.

A los 73 DDG la distribución de P en los diferentes órganos muestra que 36 y 17% del mismo se encuentra en tallos y hojas, y 46,3% en fruto (vaina y grano) en LC, y 45 y 31% en tallos y hojas y 24,1% en fruto (vaina y grano) en LM.

De la distribución de K absorbido en ese mismo período (73 DDG), se encontró 35,4 y 19,1% en tallos y hojas y 45,5% en fruto (vaina y grano) en LC, mientras que en LM 46 y 31,5% se hallaba en tallos y hojas, y 22,3% en fruto (vaina y grano).

Lo antes indicado sugiere que, además de que en LC se acumula mayor cantidad de N, P, y K durante el ciclo del cultivo, gran parte del mismo se acumula en el fruto, contrario a lo que ocurre en LM donde una menor proporción de los elementos se acumula en el fruto. Jacquinet (1967) indica que en los 30 últimos días del ciclo del cultivo se absorbe entre 60 y 90% del K total.

Relación entre acumulación de MS y absorción de nutrimentos

En la Figura 5 se presenta las relaciones entre MS y nutrimentos absorbidos durante el ciclo del cultivo en LC y LM. De los resultados obtenidos, se observa que la mejor relación ocurrió entre MS y la cantidad de P y

K absorbido en ambos sistemas de labranza. En este caso, los modelos de regresión cuadráticos explican entre 99 y 94% de la variación de MS debida a P absorbido y entre 98 y 90% de la producción de MS debido a la cantidad de K absorbido en LC y LM, respectivamente. La relación entre MS producida y N absorbido fue de sólo 73 y 37% en LC y LM, respectivamente. El análisis conjunto de la MS producida en LC y LM y la cantidad de N, P, y K absorbida, de manera individual para cada elemento, sugieren que la MS producida es explicada en un 59, 97, y 96% por modelos cuadráticos del N, P, y K absorbido, respectivamente. Posiblemente, la baja relación entre MS y N absorbido refleja alguna falta en el suministro de N en el suelo, lo cual es contrario a lo indicado por Jacquinet (1967) para algunas de las variedades evaluadas en su trabajo.

CONCLUSIONES

- Los patrones de acumulación de MS, N, P, y K en LC y LM son similares, aunque las cantidades absolutas y el ÁF fue más elevada en LC, aunque significativamente más elevada en algunos de los muestreos durante el ciclo del cultivo.
- Posiblemente, en LC el sistema radical del cultivo pudo explorar más volumen de suelo y obtener mayor cantidad de nutrimentos y agua durante el ciclo del cultivo, debido a que presentó menor Da en las primeras capas del suelo.
- En general se observó un decrecimiento en la concentración de N, P, y K en hojas y tallos, hasta los 43 DDG en LM y LC, seguido de un incremento más evidente en los mismos en N y K, y en menor proporción en P. Este incremento en la concentración luego de los 43 DDG coincide con la etapa de floración, y formación de MS de fruto, período en la cual se forma la mayor proporción de MS total del frijol.
- La elevada y significativa relación entre la producción de MS y P absorbido, aunque este es el elemento que se absorbe en menor proporción, sugiere que la disponibilidad de este podría afectar la producción de este cultivo, y la respuesta del mismo a los otros nutrimentos.

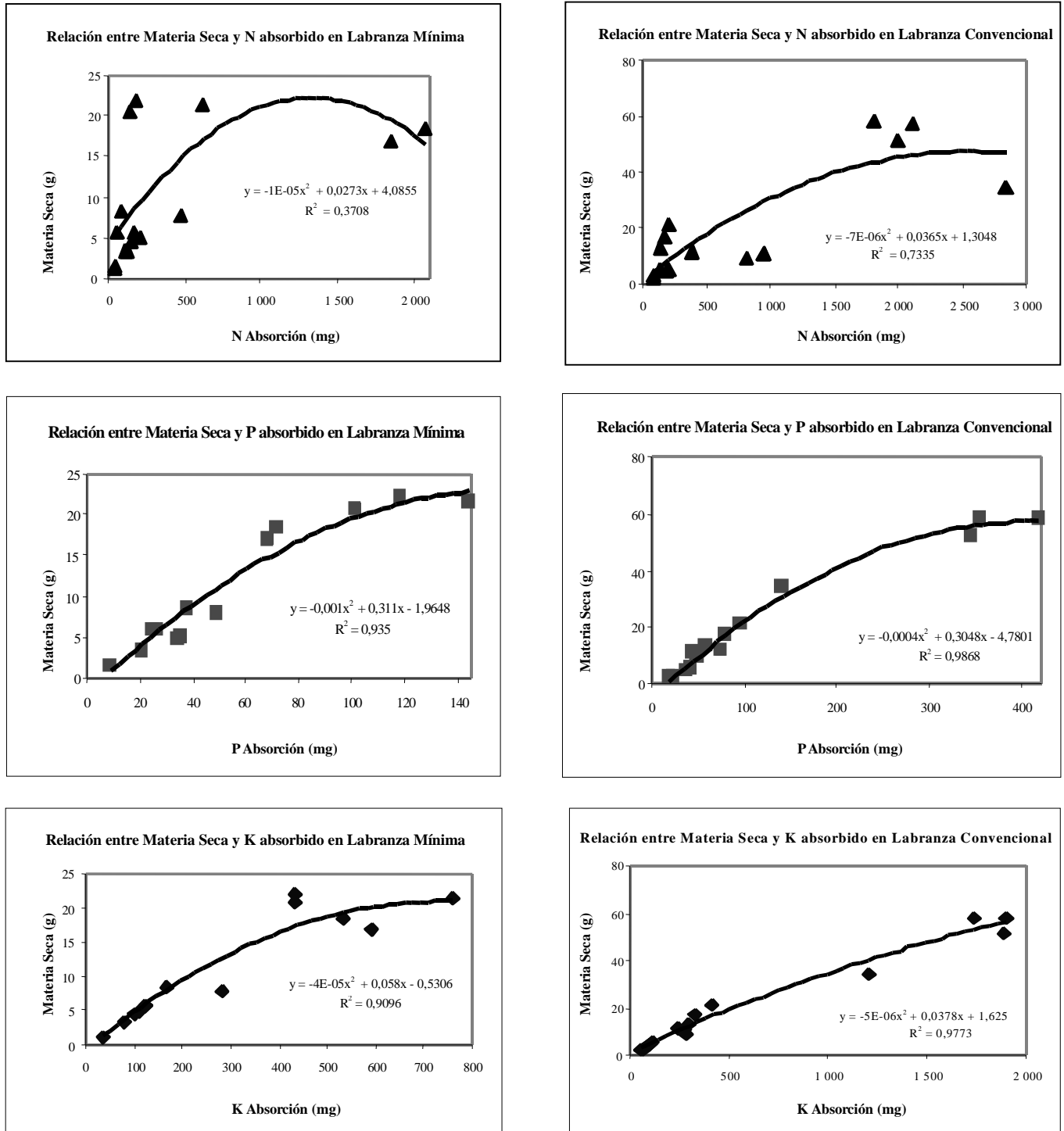


FIGURA 5. Relación entre materia seca producida y N, P, y K absorbido en frijol cultivado en labranza mínima y labranza conservacionista.

BIBLIOGRAFÍA

- Adekalu, K. O. and D. A. Okunade. 2006. Effect of irrigation amount and tillage system on yield and water use efficiency of cowpea. *Communications in soil science and plant analysis*. 37:225-237.
- Awodun, M. A. 2007. Effect of reduced tillage on soil properties and cowpea yield in rainforest zone of South West Nigeria. *Asian Journal of Agricultural Research* 1(1):23-26.
- Craufurd, P. Q. 1996. Effect of plant population density on dry matter partitioning and yield in a short-duration cultivar of cowpea (*Vigna unguiculata*) grown in the tropics. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 127:89-96.
- Fageria, N. K. 1991. Response of cowpea to phosphorus on an Oxisol with special reference to dry matter production and mineral ion contents. *Trop. Agric (Trinidad)* 68:384-388.
- Flores C., M., P. M. Madriz, R. Warnock de Parra y A. Trujillo de Leal. 2005. Evaluación de altura de plantas y componentes del rendimiento de seis genotipos del género *Vigna* en dos localidades de Venezuela. *Rev. Fac. Agron.* 22:354-368
- Gutiérrez, W., C. Medrano, M. Materan, Y. Villalobos, D. Esparza, J. Baez y B. Medina. 2001. Evaluación del rendimiento y nodulación del fríjol *Vigna unguiculata* (L.) Walp bajo dos sistemas de labranza en las condiciones agroecológicas de la planicie de Maracaibo, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 18:237-246.
- Gumbs F., A., J. I. Lindsay and S. Osei-Yeboah. 1982. The variation of NPK of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) leaves with tillage, plant maturity and flooding on clay soil. *Plant and soil* 66:51-56.
- Imsande, J. and D. G. Edwards. 1988. Decreased rates of nitrate uptake during pod fill by Cowpea, Green Gram, and Soybean. *Agron. J.* 80:789-793.
- Jacquiot, L. 1967. Croissances et alimentations minérales comparees de quatre varietes de niebe. *L Agronomie Tropicale* N° 6-7:575-640.
- Littleton E., J., M. D. Dennet, J. Elston and J. L. Monteith. 1979. The growth and development of cowpea (*Vigna unguiculata*) under tropical field conditions I. Leaf area. *Journal of Agriculture Science* 93:291-307.
- Márquez, R., T. Córdova, L. Castejon y A. Higuera. 2003. Efecto de la aplicación de cobertura vegetal de *Cenchrus ciliaris* L. y fertilización fosfórica sobre el porcentaje de control de malezas, rendimiento y concentración de fósforo en semillas de fríjol *Vigna unguiculata* (L) Walp. *Rev. Fac. Agron.* 20(4):