Extracción de nutrientes en el cultivo de nogal pecanero en Durango, Durango

Nutrient extraction in pecan walnut tres cultivated in Durango, Durango

Donaji Sierra-Zurita[1]; Cristo Omar Puente-Valenzuela[2]; Rigoberto Rosales-Serna[1]; Homero Sarmiento-López[1]; Omar Castor Ponce-García[2*]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170.
[2] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. Parque Industrial II, Gómez Palacio, Dgo., México. C. P. 35079. 3INIFAP - Campo Experimental Delicias, km 2 Carretera Delicias - Rosales Centro, Cd. Delicias, Chih., México. C. P. 33000.

*Autor de correspondencia: ponce.omar@inifap.gob.mx

RESUMEN

El manejo de la nutrición en el cultivo de nogal pecanero es uno de los factores que permite obtener altos rendimientos y calidad de los frutos. Por lo que el suministro adecuado de nutrientes se debe llevar a cabo mediante técnicas que permitan cuantificar las cantidades óptimas que deben aplicarse. El objetivo del presente trabajo fue determinar las dinámicas de extracción de nutrientes en nogal pecanero variedad 'Western Schley'. Durante el ciclo productivo 2025 se realizaron muestreos de frutos de nogal pecanero en diferentes etapas fenológicas para determinar el contenido de extracción de los macronutrientes nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) y el micronutriente zinc (Zn). Con los datos obtenidos se elaboraron las curvas de extracción las cuales se ajustaron a modelos de regresión. El potasio fue el elemento más extraído, seguido del nitrógeno y fósforo con coeficientes de determinación (R^2) de 0.99, 0.93 y 0.95 correspondientes. Por su parte el zinc mostró niveles altos de extracción con un ajuste de R^2=0.92, con la misma tendencia ascendente de los micronutrientes. La mayor demanda de nutrimentos ocurrió a partir de la etapa de desarrollo del fruto en la fase de crecimiento rápido del fruto 121 DDPF hasta los 221 DDPF (casi a la cosecha). Las curvas de extracción de nutrientes obtenidos en este estudio nos permiten llevar un manejo más adecuado de aplicación de los nutrientes de acuerdo a su etapa fenológica de requerimiento.

Palabras clave: *Carya illinoinensis*, extracción nutrimental, etapa fenológica, fertilización

ABSTRACT

Nutrient control in pecan walnut cultivation is one of the factors that enables high yields and fruit quality to be achieved. Therefore, the adequate supply of nutrients must be carried out using techniques that allow for the quantification of the optimal amounts to be applied. The objective of this study was to determine nutrient extraction dynamics in the 'Western Schley' pecan walnut cultivar. During the 2025 production cycle, pecan walnut fruit samples were collected at various growth stages to determine the extraction levels of the macronutrients nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K), and the micronutrient zinc (Zn). Extraction curves were generated from the obtained data and fitted to regression models. Potassium was the element extracted in the greatest quantity, followed by nitrogen and phosphorus, with coefficients of determination (R^2) of 0.99, 0.93, and 0.95, respectively. For its part, zinc showed high extraction levels with an R^2=0.92, following the same upward trend as the micronutrients. The highest demand for nutrients occurs during the fruit development stage, specifically during the phase of rapid fruit growth from 121 days after full bloom (DAFB) to 221 DAFB (close to harvest). The nutrient extraction curves obtained in this study enable us to better manage nutrient application based on the crop's growth stage and its specific requirements.

Key words: *Carya illinoinensis*, nutrimental extraction, growth stage, fertilization

INTRODUCCIÓN

El cultivo de nogal pecanero *Carya illinoinensis* (Wangenh.) K. Koch es uno de los cultivos frutícolas de importancia económica en el norte de México, en los últimos años la superficie se ha incrementado a 167885 ha obteniéndose un rendimiento promedio de 1.36 Ton ha-1 (SIAP, 2026). El estado de Durango la producción de nuez pecanera se ha convertido en una de las actividades frutícolas rentable sobre otros cultivos de importancia, posicionándose así como el cuarto estado productor.

El cultivo de nogal requiere de un manejo adecuado de la nutrición para llevar a cabo sus procesos fisiológicos, mantener su crecimiento, rendimiento y calidad de las nueces (Gutiérrez et al., 2022). Los árboles obtienen los nutrimentos del suelo, agua y atmósfera de forma natural, y otros se complementan a través de aplicaciones de fertilizantes vía foliar, edáfica o fertiriego (Vargas&Arreola 2008). La demanda de nutrientes (macro y microelementos) que el árbol necesita además de ser destinados a su desarrollo y producción de frutos, también se requieren para la formación de tejidos nuevos como hojas, raíces, brotes y producción de madera permanente. Dentro de los nutrimentos esenciales para el nogal pecanero podemos encontrar el nitrógeno (N) y el zinc (Zn) los cuales están asociados al crecimiento de los árboles, producción y calidad del fruto, así mismo son indispensables ya que intervienen en diversos procesos metabólicos (Ojeda et al., 2009; Pokhrel et al., 2025). Los programas de fertilización para los diversos cultivos debe basarse en su demanda nutrimental de acuerdo a sus etapas fenológicas (Pineda et al., 2008). Para conocer las necesidades nutricionales de los árboles de nogal pecanero, existen diversos técnicas, una de ellas es la extracción de nutrientes la cual nos permite conocer las cantidades de nutrientes que son extraídos por la cosecha y deben reponerse (Ojeda et al., 2009). Por lo tanto es indispensable llevar a cabo un programa nutricional en las huertas nogaleras que permita incrementar la producción, mejorar la calidad de la nuez y disminuir el índice de alternancia (Soto et al., 2016).

En la región del Valle del Guadiana, no se tiene estudios de la cantidad de nutrientes que son extraídos por la cosecha y por consecuencia no se reponen los elementos necesarios para el siguiente ciclo de producción. El objetivo del presente trabajo es conocer la dinámica de extracción de nutrientes esenciales en el cultivo de nogal pecanero variedad 'Western Schley' cultivada en la zona productora de Durango, Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigation se llevó a cabo en una huerta comercial de nogal pecanero, ubicada en la localidad de J. Refugio Salcido, Durango, Dgo., México (23° 56' 32" N 104° 31' 39" O a 1,878 msm), durante el ciclo 2025 con árboles de la variedad 'Western Schley' y Wichita como polinizador de 25 años de edad y distribuidos en un diseño de marco real de 12 x 12 m (70 árboles ha-1). El clima predominante en la región es templado semiárido, con régimen de lluvias en verano [BS1 Kw (w) (e)], fluctuación fuerte de temperatura y un promedio anual de 17.4 °C. La lluvia acumulada durante el año alcanza un promedio de 476 mm, con valores altos entre junio y septiembre. El suelo predominante en el sitio es franco (arcillo-arenoso), con capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media (1.5 a 2.0 m), pH 7.9 y niveles bajos de materia orgánica (0.6%), nitrógeno y fósforo (Medina et al., 2005). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres dosis de fertilización química de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K): T1 (180-30-61), T2 (200-50-100) y T3 (220-100-150) y T4 (testigo) con fertilizantes solubles aplicados vía drench.

Los muestreos de frutos se llevaron a cabo en la fases fenológicas del cultivo a partir de plena floración a los 36, 63, 94, 125 y 191 DDPF (días después de plena floración) y se registró el peso de cada fruto (g). Para el análisis de extracción de nutrientes las muestras se secaron en una estufa con aire forzado a 60°C, posteriormente se molieron para las determinaciones correspondientes. El contenido de nitrógeno se determinó por el método de Kjeldahl, la cuantificación de fósforo se realizó por colorimetría, en un espectrofotómetro Jenway 73 UV/VIS a una longitud de onda de absorción de 490 nm y el potasio se determinó por espectrometría de absorción atómica (Analyst700, Perkin Elmer®, México). El Zn se determinó por espectrometría de absorción atómica (Analyst700, Perkin Elmer®, México). Para determinar la extracción de nutrientes las concentraciones se ajustaron de acuerdo al contenido de biomasa seca y peso de los frutos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se puede observar la dinámica de extracción nitrógeno (N), la cual presentó un comportamiento polómico con un ajuste de regresión de R2=0.94 (Figura 1). El N fue el nutrimento más demandado por los árboles de nogal pecanero. La concentración de N inició con una acumulación baja (0.5 %) a los 36 DDPF (a mediados de mayo) lo que coincide con un crecimiento lento del fruto posterior al amarre del fruto. El incremeneto de acumulación que ocurre a los 125 DDPF se relaciona con la etapa de desarrollo del fruto, en el cual se lleva a cabo el llenado de la almendra, en esta etapa el N es esencial en la division y expansion celular (Pineda et al., 2008) por lo que se recomienda fertilizar un 30% de nitrógeno a principios y mediados de agosto (INTAGRI, 2021). Se puede apreciar que conforme avanza las etapas fenológicas hay una tendencia de incremento, la mayor extracción de este nutriente se dió a los 227 DDPF (finales de noviembre) con un promedio de 82 % en la etapa de la cosecha. El nitrógeno es indispensable para la formación de brotes y hojas nuevas en la primavera, por lo que su aplicación posterior a la cosecha puede cubrir parte de la demanda del siguiente año (Pokhrel et al., 2025).

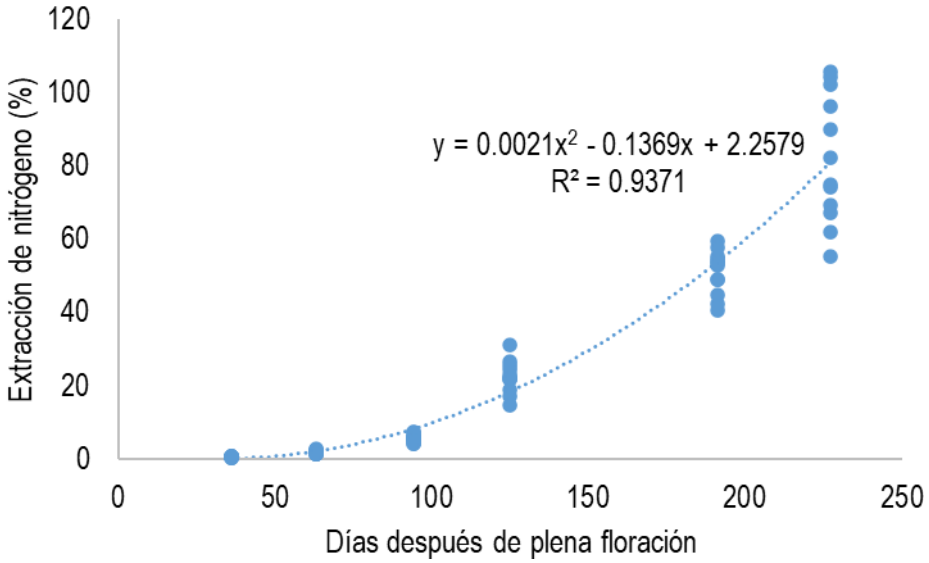


Figura 1. Extracción de nitrógeno en nogal pecanero cv. 'Western Schley'

La dinámica de extracción de fósforo (P) en el nogal pecanero se observa en la Figura 2, apreciando un comportamiento exponencial con ajuste de R2=0.95, con una tendencia similar a la del N iniciando con bajas concentraciones y posteriormente un repunte. Durante las primeras etapas fenológicas la extracción de este nutriente fue baja y constant durante las primeras etapas fenológicas del cultivo hasta el llenado de almendra, para posteriormente incrementarse a los 190 DDPF aproximándose a la cosecha de la nuez pecanera, con una extracción máxima a los 227 DDPF con un promedio de 29 %. El requerimiento de P en los cultivos, como es el caso de los árboles de nogal pecanero cv. 'Western Schley' es menor en comparación con el nitrógeno y potasio (Castillo et al., 2011).

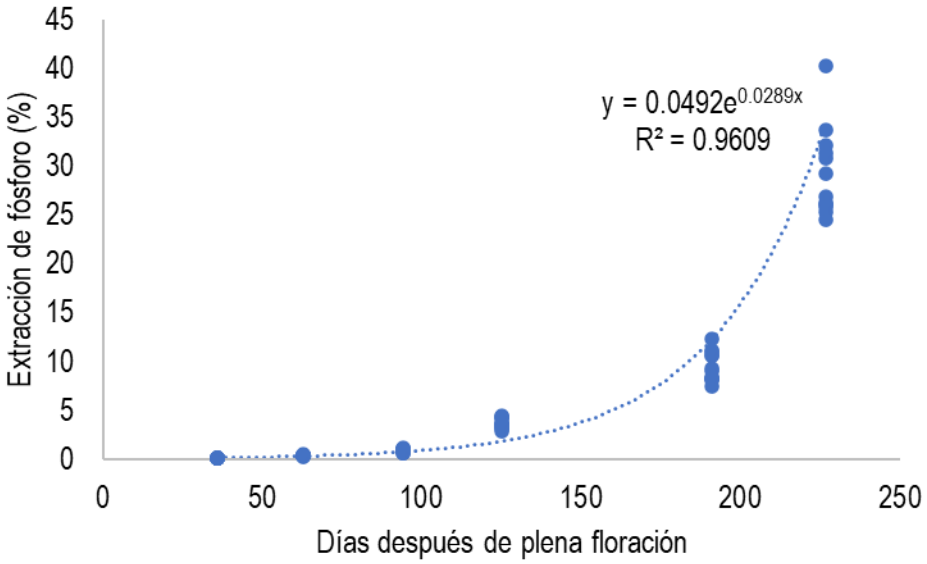


Figura 2. Extracción de fósforo en nogal pecanero cv. 'Western Schley'

En la Figura 3 se presenta la extracción de potasio (K), la curva muestras un comportamiento potencial y ajuste de R2=0.99. El K fue uno de los nutrientes más demandados por los árboles de nogal pecanero de la variedad 'Western Schley' en la zona productora de Durango, el cual está relacionada con la calidad de los frutos. Se puede apreciar que la mayor demanda ocurre en un periodo de 121 a 191 DDPF, por lo que a partir de que inicia su mayor demanda coincide con el crecimiento rápido del fruto hasta su maduración. Este incremento se puede atribuir al crecimiento de los frutos, los cuales demandan altas cantidades de K (Betancurt y Pierre 2013). Los frutos de nuez pecanera durante la etapa de desarrollo compite con el follaje por el potasio absorbido vía radical, y una vez que el crecimiento foliar cesa, los frutos inician una fase de crecimiento rápido, momento en el cual la remoción de K es hacia las nueces (Smith 2009). El potasio es un nutriente nutrientes que no forma parte de estructuras en las plantas, sin embargo es un elemento importante que participa en la fotosíntesis, respiración y traslocación de solutos (INTAGRI 2017, Marschner 2012).

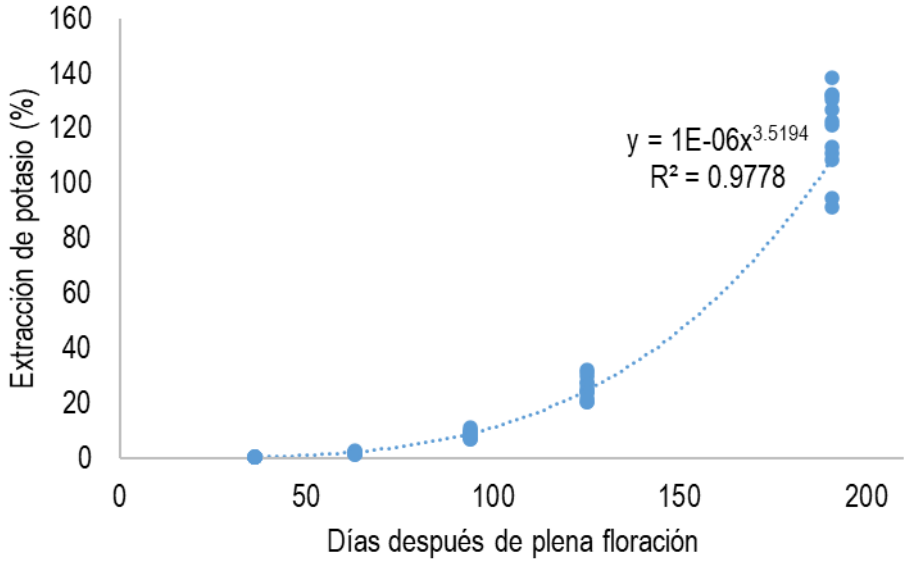


Figura 3. Extracción de potasio en nogal pecanero cv. 'Western Schley'

La dinámica de extracción de zinc (Zn) del nogal pecanero presentó una curva con comportamiento exponencial con una R2=0.92 (Figura 4), las máximas extracciones de este nutriente se dieron a partir de los 125 DDPF con una demanda constante hasta los 191 DDPF y posteriormente un incremento mayor hasta los 227 DDPF con valor promedio de 519 mg kg-1. El cultivo de nogal pecanero demanda cantidades considerable de zinc, para la actividad de enzimas dependientes de Zn que intervienen en el metabolismo de proteínas, azúcares, carbohidratos y auxinas (Olivas et al., 2021). El zinc es un nutriente esencial para la producción y calidad de la nuez pecanera, además de que se mejora el rendimiento al incrementar el número de flores, el amarre de frutos y la calidad nutricional de la nuez favoreciendo de forma positiva el contenido de carbohidratos y lípidos (Pokhrel et al., 2025).

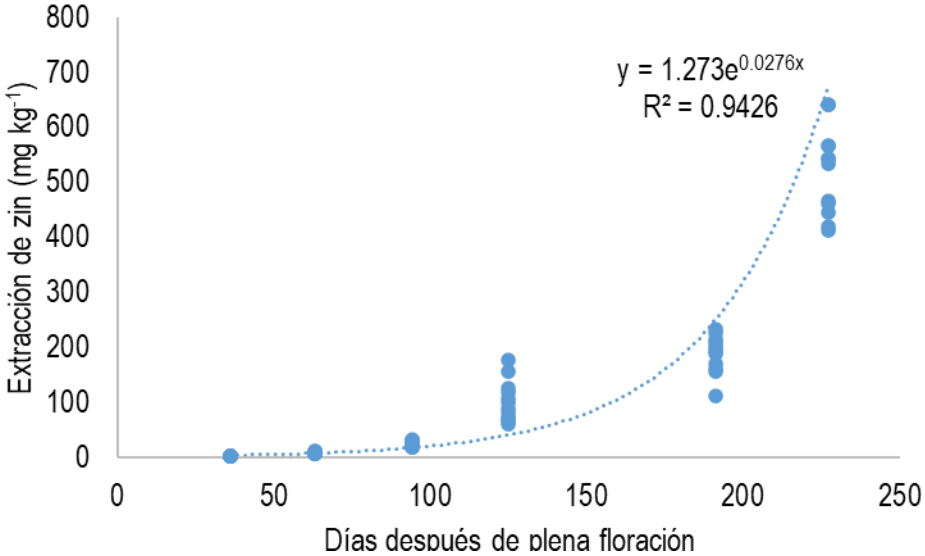


Figura 4. Extracción de zinc en nogal pecanero cv. 'Western Schley'

En los frutales, la extracción de nutrientes está relacionada con la producción de frutos, el crecimiento de las raíces y de la parte aérea. La remoción de nutrientes es particularmente importante

durante la fase reproductiva, cuando se forman las semillas, frutos y órganos de almacenamiento (González et al., 2011). Por lo que las curvas de extracción nutrimental nos permiten conocer las cantidades extraídas de los mismos durante su ciclo de vida, así como conocer las épocas de mayor demanda de cada nutriente y poder definer un programa adecuado de fertilización (Castillo et al., 2011).

CONCLUSIONES

Las curvas de extracción nutrimental nos permiten conocer la cantidad de nutrientes extraídos durante su ciclo de vida o ciclo productivo como es el caso del nogal pecanero, el potasio fué el nutriente de mayor extracción seguido del nitrógeno y fósforo. Los nutrientes analizados mostraron un periodo de mayor demanda cercano a los 150 hasta los 227 días después de plena floración. Los diversos ajustes de las curvas de extracción de N, P, K y Zn indican que la extracción de estos presenta diferentes comportamientos a lo largo del ciclo de nogal pecanero.

LITERATURA CITADA

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.

Castillo González, A. M., Hernández Maruri, J. A., Avitia García, E., Pineda Pineda, J., Valdéz Aguilar, L. A., & Corona Torres, T. 2011. Extracción de macronutrientes en banana 'Dominico' (Musa spp.). Phyton (Buenos Aires), 80(1), 65-72.

INTAGRI. 2021. Fenología y Nutrición del Nogal Pecanero. Serie Frutales, Núm. 78. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.

INTAGRI. 2017. Las Funciones del Potasio en la Nutrición Vegetal. Serie Nutrición Vegetal Núm. 100. Artículos Técnicos de Intagri. México. 4 p.

Gutiérrez-González L. S., Ortega F. I., Guerrero-Morales S., Palacios A. y Rivas-Lucero B. A. 2022. Análisis del Suelo y su Importancia en el Cultivo del Nogal Pecanero en el Distrito de Riego 05 Delicias. Journal Biológico Agropecuaria Tuxpa, 8-16.

Marschner, H. 2012. Mineral nutrition of higher plants. Third Edition. Academic Press, New York, USA. 651 p.

Ojeda-Barrios D. L., Fernández–Fernández V., Sánchez-Chávez E. y Ramírea-Rodríguez H. 2009. Manejo de la Nutrición y Fertilización en el cultivo del Nogal Pecanero. Temas Modernos de Nutrición Vegetal, 176.

Olivas-Tarango, A. L., Tarango-Rivero, S. H., & Ávila-Quezada, G. D. 2021. Mejoramiento de la producción de nogal pecanero por zinc en riego por goteo en suelos calcáreos. Terra Latinoamericana, 39.

Pineda-Pineda, J., Avitia-García, E., Castillo-González, A. M., Corona-Torres, T., Valdez-Aguilar, L. A., & Gómez-Hernández, J. 2008. Extracción de macronutrimentos en frambueso rojo. Terra Latinoamericana, 26(4), 333-340.

Pokhrel, N., Ferguson, L., & Zhang, L. 2025. Importance of nitrogen and zinc fertility in pecan production. Horticulturae, 11(1), 82. https://doi.org/10.3390/horticulturae11010082

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2025. Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

Smith, M.W. 2009 Partitioning phosphorous and potassium in pecan trees during high- and low-crop seasons J. Amer. Soc. Hort. Sci. 134 399 404

Vargas P. & Ávila, J. A. 2008. Respuesta del nogal pecanero (Carya illinoensis K. Koch) a las aplicaciones foliares de nutrimentos. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, 7(1), 7-14.