

Capítulo X

TECNOLOGÍA DE LA FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE PECÁN

María Julia Cabello, Silvana I. Torri y Raúl S. Lavado

Resumen

Se presenta un análisis de los fertilizantes discriminados por su composición (simples o compuestos) y su forma física (sólidos, solubles y foliares). Se estudian sus principales propiedades (índices de acidez, higroscopicidad, solubilidad, los riesgos de precipitación al mezclarlos. Se enfatiza en la tecnología de su aplicación, especialmente los fertilizantes solubles. Se presenta una evaluación de la aplicación de estiércol y el uso de cubierta sobre el suelo, desde el punto de vista de la fertilidad. Se cierra el capítulo con un balance de nitrógeno en el sistema suelo/pecán.

Introducción

Entre los numerosos factores que influyen en el crecimiento y producción del cultivo de pecán, la nutrición adecuada del cultivo es probablemente uno de los factores más importantes. La fertilización permite obtener elevados rendimientos, y una disminución en la alternancia. La necesidad de producir precozmente y a un ritmo sostenido a lo largo de los años nueces de alta calidad requiere un adecuado programa de fertilización para cada situación en particular. La tecnología de la fertilización considera cinco etapas: determinación del nutriente o nutrientes a agregar, estimación de la dosis a aplicar, definición de la fuente a utilizar, establecimiento de la forma de aplicación y resolución del momento y frecuencia de fertilización. Adicionalmente se incluyen los aspectos tecnológicos de los fertilizantes. Algunas de estas etapas han sido tratadas en otros capítulos. El presente se circunscribe a las etapas no consideradas en ellos.

Los fertilizantes y sus propiedades

Los fertilizantes son sustancias inorgánicas que contienen elementos nutritivos esenciales para los cultivos. El objetivo de su utilización es aumentar el rendimiento y/o la calidad de la producción. Los fertilizantes pueden ser simples o compuestos. Los primeros son “commodities”, son simplemente compuestos químicos con variado grado de pureza. Los segundos no son “commodities”, sino productos registrados de marcas comerciales. Son mezclas de fertilizantes simples en variadas proporciones, de acuerdo a diferentes demandas de los cultivos y teniendo en cuenta incompatibilidades y otros problemas que existen cuando se mezclan fertilizantes simples. Cada grupo tiene sus ventajas y sus desventajas. De todos modos no son incompatibles, los fertilizantes compuestos pueden usarse conjuntamente con los simples. Los fertilizantes simples son en general más económicos que los compuestos, pero los simples (en especial cuando se trata de fertilizantes solubles) presentan gastos ocultos cuando se utilizan mezclados, que muchas veces reducen y aun eliminan esa ventaja económica. Estos gastos incluyen manipuleo y pesada de fertilizantes, mayores pérdidas en el proceso de mezcla y preparación de la solución madre, mayores riesgos de errores, etc.

Fertilizantes sólidos aplicados al suelo

Los fertilizantes sólidos se adaptan a todos los niveles tecnológicos y tamaños de producción. Pueden ser convencionales (granulados o en polvo de mayor o menor solubilidad) o del grupo de liberación lenta (que incluye a los fertilizantes de baja solubilidad, de liberación controlada, estabilizados, etc). Los convencionales son los más económicos de todos los fertilizantes y de uso universal. Las ventajas, principalmente ambientales, de los fertilizantes de liberación lenta en la mayoría de los casos no compensan su mayor costo.

Las técnicas de aplicación de los fertilizantes sólidos se adaptan a las condiciones de cada productor, ya que las técnicas van desde manuales a

mecanizadas. En el momento de la plantación se aplican manualmente, en el hoyo de plantación. En este caso hay que cuidar que el fertilizante no se encuentre en contacto con las raíces, para evitar daños en éstas. En esta etapa, generalmente se utiliza fosfato diamónico.

En cultivos implantados se pueden utilizar diversas formas de aplicación, dependiendo de las condiciones del productor. Así se pueden aplicar:

- Manualmente, en superficie alrededor de la planta.
- Manualmente, en hoyos alrededor de la planta.
- Mecánicamente, en surcos.
- Mecánicamente, al voleo.

En todos los casos se trabaja a una distancia mínima de 30-40 cm del tronco y hasta la proyección de la copa del árbol, con o sin incorporación del fertilizante.

Fertilizantes simples nitrogenados.

Los fertilizantes simples más comunes se presentan en la Tabla 1.

Tabla N° 1.-Fertilizantes nitrogenados simples más importantes y su grado

Fertilizante	% N	% Otros nutrientes
Urea	46	-
Nitrato de amonio	34	-
Nitrato amónico calcáreo	27	13 Ca
Sulfato de amonio	21	21 S

Urea: Dentro de los fertilizantes sólidos, es el que posee mayor cantidad de nitrógeno cada 100 kg de fertilizante (Tabla 1). Pueden existir importantes pérdidas por volatilización del amonio producto de la transformación que sufre el fertilizante en el suelo. Esto se da bajo condiciones de elevadas temperaturas. Sin embargo, al incorporarlo se reduce en gran magnitud dicha pérdida. Otras de las ventajas que se pueden destacar son su bajo costo por unidad de nitrógeno, su solubilidad y buenas aptitudes para el manipuleo (Melgar, 2002).

Nitrato de amonio: Se trata de una fuente que posee la mitad del nitrógeno en forma de amonio (NH_4^+) y la otra mitad como nitratos (NO_3^-). Al poseer nitrógeno como nitratos, ofrece a la planta una fuente rápidamente disponible. Además, sus riesgos de volatilización son bajos. Presenta el problema de ser explosivo (Melgar, 2002).

Nitrato de amonio calcáreo (CAN): Es la mezcla de nitrato de amonio y nitrato de calcio. En suelos ácidos se recomienda su uso en lugar de la urea, ya que el índice de acidez del CAN es mucho menor (Tabla 2). Además, el aporte de calcio tiene una influencia estabilizadora sobre el pH del suelo. Sólo se lo recomienda para hacer aplicaciones en el suelo. Su presentación comercial son gránulos esféricos irregulares de color blanco gris tenue (Melgar, 2002).

Sulfato de amonio: Se presenta en gránulos redondos de color marrón arena oscura o blanco. Esta fuente posee un efecto acidificante en el suelo. Aporta azufre (Tablas 1 y 2). Presenta gran versatilidad: se lo puede aplicar directamente al suelo, mezclarlo con otros fertilizantes o usarlo en fertirriego. Además, presenta bajos riesgos de volatilización y es poco higroscópico, lo que conlleva a su buena aptitud para ser almacenado (Tabla 3) (Melgar, 2002).

Aplicación de fertilizantes nitrogenados

Los cultivos implantados en suelos arenosos responden más rápidamente a la fertilización nitrogenada que en el caso de suelos arcillosos; sin embargo las dosis aplicadas deben ser menores y más frecuentes debido a potenciales pérdidas por lixiviación. Las prácticas culturales realizadas

también afectan la cantidad de fertilizante necesaria. Las aplicaciones nitrogenadas no compensan los efectos de un suelo poco profundo, aplicación inadecuada de riegos o adaptabilidad de las variedades.

Tabla N° 2.-Índice de acidez expresado como el número de partes de carbonato de calcio necesarios para neutralizar la acidez contenida en 100 partes en peso del fertilizante (Echeverría, 2005).

Fertilizante	Índice de acidez
Nitrato amónico calcáreo	16
Nitrato de amonio	60
Urea	81
Sulfato de amonio	111

Tabla N° 3.-Índice de higroscopicidad: humedad relativa a 30°C, por encima de la cual el fertilizante absorbe humedad del aire.

Fertilizante	Índice de higroscopicidad
Nitrato amónico calcáreo	55
Nitrato de amonio	60
Urea	72.5
Sulfato de amonio	79.2

Si la zona es semiárida se puede particionar la dosis de la siguiente manera: 70% del nitrógeno como urea en la primera aplicación y el 30% restante como nitrato de amonio en la segunda aplicación (Begnaud et al., 1997). También se recomienda si el suelo es arenoso fraccionar la dosis anual en tres partes y aplicar en septiembre, octubre y diciembre (Byford, 2005).

Las aplicaciones a fines de primavera principio del verano deberían originar un nivel de N suficiente para el requerimiento de las nueces (McEachern et al., 1997). Las aplicaciones posteriores a inicios del otoño podrían inducir efectos negativos en la maduración de los brotes, originando una mayor susceptibilidad al frío (McEachern, 1975).

En el capítulo de nutrición de pecán se presentó el cálculo de las dosis de nitrógeno, según el diámetro de tronco. Esta información se complementa con la Tabla 4, donde se presentan las cantidades de diferentes fertilizantes que hay que aplicar por centímetro de diámetro, en base al grado de los mismos.

Tabla N° 4.-Cantidad de fertilizante a aplicar por unidad de diámetro de tronco.

Fertilizante	Grado de fertilizante (% N)	de Kg fertilizante cm ⁻¹ tronco
UAN	32	0.19
Sulfato de Amonio	24	0.25
Urea	46	0.13

Para el ajuste de la dosis de fertilizante nitrogenado a utilizar, se recomienda restar de la dosis requerida por el cultivo, el N disponible en el suelo y el incorporado a través de abonos orgánicos.

Fertilizantes simples fosfatados.

Los fertilizantes fosfatados simples más importantes se presentan en la Tabla 5.

Otros fertilizantes simples.

En la región pampeana no hay evidencias que indiquen al momento la necesidad de aplicación de fertilizantes potásicos, salvo para balancear la

nutrición de cultivos altamente fertilizados. Sin embargo, en cultivos intensivos pueden existir deficiencias por alto requerimiento en un corto periodo de tiempo. En la zona mesopotámica, particularmente Corrientes, pueden encontrarse deficiencias de este nutriente. Como fertilizantes se pueden mencionar cloruro y sulfato de potasio y sulfato de potasio y magnesio (sulpomag). Los aportes de otros macronutrientes (azufre, calcio y magnesio) se hacen en forma indirecta por integrar otros fertilizantes.

Tabla N° 5.-Fertilizantes fosfatados y su grado

Fertilizante	% P	% Otros nutrientes
Superfosfato simple	10	20 % Ca
Superfosfato triple	20	13 % Ca
Fosfato monoamónico	27	11 N
Fosfato diamónico	20	18 N

Micronutrientes

En los suelos ácidos una forma económica de aplicar micronutrientes es en fertilizaciones al suelo. En estos casos se utilizan sulfatos y óxidos.

Fertilizantes sólidos compuestos.

Los requerimientos del cultivo determinan que la sola aplicación de fertilizantes simples puede causar un desbalance en la nutrición. Por eso suelen utilizarse fertilizantes compuestos. La aplicación de fórmulas conteniendo la proporción de nutrientes requeridos puede efectuarse por dos caminos: i) hacer las mezclas en el campo, donde deben tenerse en cuenta incompatibilidades entre fertilizantes, por ejemplo el índice de higroscopicidad (Tabla 3) ó ii) utilizar mezclas comerciales. En el mercado se encuentran numerosos productos que son las llamadas mezclas físicas o mezclas químicas, que poseen diferentes proporciones de los principales macronutrientes, con y sin micronutrientes.

Fertilizantes solubles

Los fertilizantes solubles presentan la gran ventaja de suministrar nutrientes en forma disponible en el mismo momento de su aplicación, permitiendo sincronizar el suministro de nutrientes con los requerimientos del cultivo. En algunos casos se pueden incorporar junto con los fitosanitarios.

Fertirrigación

Este sistema de fertilización se puede acoplar a todos los sistemas de riego conocidos. Aunque en este tipo de producciones se lo asocia a riegos de bajo caudal, como son el de por goteo y el de micro aspersión. El agregado de fertilizante al agua de riego conlleva de ventajas y desventajas (Sánchez, 1999).

Ventajas:

- Reducción del costo de aplicación de fertilizantes;
- Mayor eficiencia de aplicación de fertilizantes (especialmente por goteo);
- Mejora el manejo del momento de la aplicación de nutrientes;
- Se fraccionan los nutrientes más efectivamente;
- La planta muestra una respuesta más inmediata.

Desventajas:

- Si la distribución del agua de riego es desuniforme, también lo será el fertilizante;
- En el sistema de microaspersión requiere mayor superficie libre de vegetación, para no destinar los nutrientes aplicados a fines no productivos;
- La fertirrigación requiere mayor conocimiento de la nutrición del cultivo y sobre la evolución de absorción de los nutrientes;
- Los fertilizantes utilizados presentan un mayor costo por la pureza que poseen.

En la fertirrigación hay que tener en cuenta cinco factores:

- Curva de demanda del nutriente por el cultivo en el tiempo;
- Movilidad del nutriente en el suelo;
- Calidad de agua para irrigar y sus reacciones con el fertilizante;
- Costo del fertilizante y su eficiencia;
- Factores climáticos (que afecten la dinámica del fertilizante y la demanda del cultivo).

Forma de aplicación y dosificación

Para aplicarlos, normalmente se prepara una solución concentrada (por ejemplo 10 %) de los fertilizantes solubles en uno o más recipientes. Esa solución denominada “solución madre” se diluye en la corriente de agua que se dirige al equipo de riego. La dilución puede efectuarse a través de distintos mecanismos (venturis, bombas inyectoras, dosificadores, etc.). Los dosificadores son los equipos más modernos y son los únicos que mantienen la concentración de la solución de fertirriego en forma constante. Un ejemplo se observa en la Fig 1. En los restantes equipos la dosificación varía en el tiempo. Los dosificadores son los más flexibles en relación con los caudales que aceptan, sin distorsionar la dosificación de los fertilizantes.

Estos equipos se encuentran en el mercado en variados tamaños, para diversos caudales y niveles de dilución de la solución madre (Tabla 6). Son de fácil manejo y mantenimiento.



Figura 1. Vista de un dosificador comercial

Los dosificadores no requieren energía extra. Se intercalan en la cañería y el flujo de agua que viene a presión mueve el pistón (funciona en forma semejante a un pistón de un motor a explosión). Al final de cada recorrido dentro del cilindro, el pistón cambia su dirección. El pistón succiona la solución madre del fertilizante, la que se mezcla con el agua y al elevarse nuevamente inyecta una cantidad predeterminada de solución de fertirriego en la cañería. Los movimientos del pistón están directamente relacionados con el flujo del agua. A

Tabla N° 6.-Datos técnicos de dosificadores: caudal y dilución de la solución madre

Caudal - lt/h	Dosificación - %
7,2 - 2.700	0.2 – 5.0
9,0 - 3.400	0,025 – 2.5
9,0 - 4.500	0.2 – 2.5
54,0 - 6.800	0,025 – 5.0
114,0 - 9.000	0,025 – 2.5
3.600 - 27.200	0.1 – 1.0

mayor flujo más movimientos del pistón y viceversa. Por eso, aunque el flujo de agua varíe, la dosificación se mantiene constante (Figura 2 y Tabla 7).

Tabla N° 7.- Ajuste de los dosificadores para distintas concentraciones en la solución de riego

Concentración inicial (solución madre)	Concentración de la solución de riego	% a ajustar en el dosificador
10 %	0,5 gr/litro	0,5 %
10 %	1,0 gr/litro	1,0 %
10 %	1,5 gr/litro	1,5 %

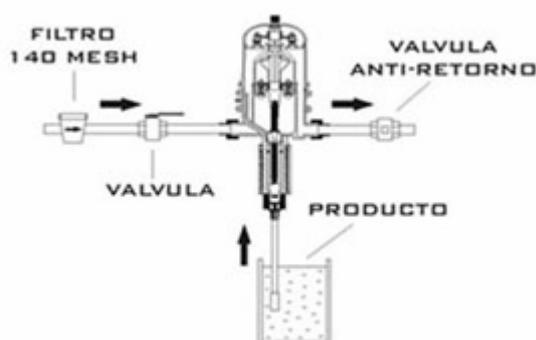


Figura 2. Esquema de conexión de un dosificador y vista de su interior.

Características de los fertilizantes

Muchos de estos fertilizantes son los mismos compuestos químicos que los vistos entre los fertilizantes sólidos, sólo que con un mayor grado de pureza. Eso les permite solubilizarse sin dejar residuos ni precipitados. Por este motivo son más caros que sus equivalentes para aplicar al suelo. Por su precio algunos de estos fertilizantes no se utilizan normalmente para aplicaciones en suelo. Entre estos tenemos nitrato de potasio, de calcio, magnesio y otros.

Se pueden utilizar fertilizantes simples mezclados, cuando sean compatibles, o utilizar fertilizantes compuestos. También hay que tener en cuenta la interacción de los fertilizantes solubles con el agua de riego de mala calidad (aguas duras y/o alcalinas). Esto puede ocasionar la formación de precipitados en el tanque de fertilización y ser una fuente de obturación de goteros y filtros. La obturación de los picos de riego causa una distribución no uniforme de agua y nutrientes. Además afecta el trabajo de los dosificadores. La principal causa del problema es la precipitación de fosfato, carbonato y sulfato de calcio, que son insolubles. También pueden precipitar sales de magnesio, hierro y cinc. Estos precipitados se evitan y/o eliminan inyectando ácidos al sistema, preferentemente ácidos nítrico, fosfórico y sulfúrico.

Por lo tanto, cuando se vaya a realizar un planteo de fertirrigación hay que tener en cuenta la compatibilidad de los fertilizantes que van a integrar la mezcla a aplicar (Figura 3).

Otros factores a considerar de los fertilizantes es su solubilidad, que a su vez depende de la temperatura ambiente y la que se genera al reaccionar la mezcla de fertilizantes en la solución madre. Algunos fertilizantes al disolverse en el agua generan un efecto endotérmico, disminuyendo la solubilidad. Si el efecto es exotérmico, la temperatura de la solución aumenta (Sánchez, 1999).

Nitrógeno:

La urea es ampliamente empleada en fertirriego. Por sus características no reacciona con otros nutrientes, y su índice de acidez es menor que el de otros fertilizantes amoniacales. En suelos ácidos, otra alternativa es el uso de nitrato de calcio. Formulaciones nitrogenadas líquidas como el UAN, se utilizan generalmente por su facilidad de manejo.

Fósforo:

Los fertilizantes tradicionales a base de fosfato de calcio no son lo suficientemente solubles. Por eso se utilizan los fosfatos mono o diamónico,

el ácido fosfórico y el fosfato de potasio. También se pueden utilizar fosfitos y polifosfatos.

Potasio:

Se utilizan sulfato y nitrato de potasio. El cloruro de potasio presenta la desventaja de la toxicidad del cloruro sobre la planta.

Figura 3. Compatibilidad entre fertilizantes.

	Urea	Nitrato de amonio	Sulfato de amonio	Nitrato de calcio	Nitrato de potasio	Cloruro de potasio	Sulfato de potasio	Fosfato de amonio	Sulfatos de Fe, Zn, Cu, Mn	Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn	Sulfato de magnesio	Ac. Fosforito	Ac. Sulfurico	Ac. Nitrico
Urea														
Nitrato de amonio														
Sulfato de amonio														
Nitrato de calcio														
Nitrato de potasio														
Cloruro de potasio														
Sulfato de potasio														
Fosfato de amonio														
Sulfatos de Fe, Zn, Cu, Mn														
Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn														
Sulfato de magnesio														
Ac. Fosfórico														
Ac. Sulfúrico														
Ac. Nítrico														

Bloques en blanco: fertilizantes compatibles; **Bloques a rayas:** se reduce la solubilidad; **Bloques en negro:** fertilizantes incompatibles.

Otros macro y micronutrientes:

Se utilizan nitrato de calcio, nitrato magnesio y sulfato de magnesio. Los micronutrientes como quelatos, sulfatos, etc., aunque éstos se aplican muchas veces en forma foliar.

Fertilizantes foliares

Los fertilizantes foliares son adecuados para prevenir y/o corregir problemas de deficiencias, particularmente en el caso de micronutrientes. Tienen la ventaja de ser de rápida absorción y metabolización, y en ciertas ocasiones pueden aplicarse junto con los fitosanitarios. Esta clase de fertilización no permite la aplicación de grandes cantidades de nutrientes por sus efectos negativos (quemado de hojas debido a las altas concentraciones del fertilizante).

Los principales factores que inciden en la eficiencia de la aplicación son (Sánchez, 1999):

Mojado de la hoja: Se debe cubrir la hoja en su totalidad. Se utilizan tensioactivos para disminuir la tensión superficial de la gota sobre la hoja. El ángulo de contacto de la gota sobre la superficie de la hoja es un punto crítico. Para que efectivamente los solutos puedan atravesar la cutícula, dicho ángulo debe ser lo más cercano a cero. La concentración óptima de los tensoactivos esta explicitada en los marbetes, aunque debe comprobarse a campo si se logra el resultado buscado.

pH: Cada nutriente posee un pH de solución en el cual es óptima su absorción foliar. Por ejemplo en el caso de soluciones con Boro, su pH óptimo es igual a 7.

Condiciones Ambientales: Cuando la temperatura ambiental es elevada y la humedad relativa baja, las gotas pueden evaporarse antes de interceptar las hojas. De esta forma puede generarse un efecto tóxico sobre hojas y frutos. Además, cuando la temperatura es elevada los estomas (vía de entrada del fertilizante) se cierran para disminuir la pérdida de agua, con lo cual disminuye la tasa de entrada del fertilizante. La temperatura ambiental óptima es de 25°C (aproximadamente). Por lo que los momentos del día para realizar pulverizaciones más eficientes son las primeras horas de la mañana o las últimas de la tarde. La velocidad del viento es un factor ambiental asociado a la deriva que puede ocasionarse durante la aplicación, generando

deposiciones del fertilizante en zonas no deseadas. De esta forma conlleva a problemas ambientales e ineficiencias económicas.

Tamaño de gota: El tamaño de la gota debe tenerse en cuenta al momento de la aplicación, ya que gotas demasiado pequeñas pueden evaporarse antes de llegar a la superficie de la hoja. En el caso contrario, gotas demasiado grandes no mojarán uniformemente la superficie foliar.

Técnica de aplicación: El volumen a aplicar en una hectárea depende del tamaño del árbol, la cantidad de árboles y la densidad del follaje. Este volumen debe ser uniformemente aplicado en todo el árbol, pero si es bajo el volumen no se logrará una buena distribución del producto. Otro factor de que genera una mala distribución de fertilizantes líquidos, son las máquinas fertilizadoras que presentan dificultades para alcanzar la parte alta e interna de los árboles.

Si la plantación de pecán se encuentra con deficiencias nutricionales severas, las primeras aplicaciones correctivas deben ser diluidas. En la medida que se va corrigiendo la deficiencia y el metabolismo de la planta se va aclimatando a la reposición del nutriente deficiente, se puede aumentar la concentración de la solución nutritiva. La práctica más común de fertilizaciones foliares es hacerlo con cinc y otros micronutrientes.

Fertilización con Cinc

Cuando se aplican fertilizantes con cinc al suelo, una elevada proporción de éste queda asociados al hierro, al aluminio y a las arcillas, lo que (junto con el pH del suelo) regula su disponibilidad. Por ello, es de mayor conveniencia hacer aplicaciones foliares. Los fertilizantes comerciales con Zn (Tabla 8) son aptos para realizar pulverizaciones foliares, aunque también pueden ser aplicados en el sistema de fertirriego. Ninguno de estos fertilizantes puede ser usado en planteos de producción orgánica.

Debido a que los micronutrientes son poco móviles dentro de las plantas, es necesario realizar cuatro o cinco pulverizaciones a lo largo del ciclo. Las

hojas jóvenes e inmaduras al final de la rama del año son las que mas rápidamente absorben las soluciones con cinc.

Tabla N° 8.- Fertilizantes solubles para la aplicación de cinc

Fertilizante	Grado de Zn (%)	Presentación
Oxisulfato de Zn	40-55	Polvo Soluble
Quelatos de Zn	3.7-10	Líquido
Sulfato de Zn	22-34	Cristalino

Pulverizaciones con cinc desde la superficie terrestre, aplican mayores cantidades a la superficie del envés de las hojas que es más absorbente. Por lo cual no se recomienda realizar aspersiones aéreas (Storey, 1997).

Walworth et al. (2006) indicó que no existen diferencias entre la aplicación primaveral de 5 o 10 kg Zn ha⁻¹ (14 o 28 kg ZnSO₄ ha⁻¹) sobre el área foliar, a su vez la dosis mayor no generó un detrimento en las plantas de pecán (con una densidad de 25 plantas ha⁻¹). De lo anterior se calcula una dosis de 0.2-0.4 kg de Zn por planta. Si las concentraciones recomendadas para aspersiones foliares con cinc son 0.25 y 0.35 kg ZnSO₄ cada 100 L de agua (igual a 82.5 g y 115 g de Zn respectivamente). Si se toma una concentración promedio de 99 g de Zn (0.3 Kg de ZnSO₄) cada 100 L de agua, la cantidad de solución aplicada por planta debe ser 0.2 a 0.4 L

Además, concentraciones mayores a las recomendadas pueden generar quemado en el follaje (Storey, 1997). Si se aplica el cinc bajo la forma de sulfato de cinc, es recomendable incluir UAN (32% N) en la solución para favorecer la absorción del Zn en una concentración de 5,4 L por cada 100 L de agua (Byford, 2005). Si se realiza aplicación de cinc al final de la estación de crecimiento, se van a observar efectos sobre la concentración en los tejidos durante la época de dormición, pero no en la concentración de las

hojas en la próxima brotación. Aplicaciones de Zn en la primavera aumentaron la concentración de Zn en hoja y el área foliar (Walworth et al, 2006). Por ende, la aplicación primaveral es la más eficiente, debido al rol que desempeña el Zn en lograr un buen tamaño de hoja.

Aplicación de estiércol y uso de cobertura

La aplicación de estiércol puede mejorar el desarrollo de los cultivo de pecán de manera directa, por el aporte de nutrientes, y de manera indirecta, a través de mejoras en propiedades físicas e hidrológicas del suelo. En la Tabla 9 se muestran los contenidos de nutrientes de diferentes estiércoles (Havlin et al., 2004). Estos contenidos son bajos y desbalanceados en relación con el requerimiento del cultivo. Para que el aporte de nutrientes sea adecuado las cantidades de nutrientes añadidos en aplicaciones ordinarias deben ser muy elevadas. Por ello, este aporte de nutrientes desde el estiércol puede llegar a ser excesivo y desproporcionado. El estiércol es un residuo orgánico que requiere un manejo adecuado para prevenir efectos adversos al ambiente. Cuando se utiliza estiércol es importante considerar su aporte de nitrógeno para no sobre-fertilizar con este nutriente. Las aplicaciones excesivas de estiércol ocasionan exceso de nitratos, los cuales pueden lixiviarse y contaminar los acuíferos.

El uso de vegetación como cobertura del suelo alrededor de plantas jóvenes, genera competencia por los nutrientes y el agua. Durante el establecimiento del cultivo esta situación es crítica. Diferentes tipos de mulch (por ej: chips de madera, residuos de poda, etc) pueden contribuir al control de malezas y preservación del agua en el perfil. Sin embargo, ciertos mulch pueden disminuir la cantidad de N disponible, al producir inmovilización de N al descomponerse. El efecto del mulch sobre la disponibilidad hídrica se observa en los primeros centímetros de suelo, donde las fluctuaciones de humedad son menores en contraste con la situación sin mulch. Smith (2000) estableció que el área más favorable para mejorar la condición hídrica del suelo fue 4m² alrededor de cada árbol, encontrando que la aplicación del

mulch colaboró en el incremento del diámetro y la altura de plantas jóvenes a lo largo de tres años de cultivo.

Tabla N° 9.- Contenido de materia seca y nutrientes en diferentes estiércoles animales.

Animal	Materia seca	N	P	K
	%	kg t ⁻¹		
Porcinos	18	3.6	1.3	2.6
Bovinos de carne	50	9.4	3.5	9.7
Bovinos de leche	21	4	0.8	3.7
Aves	75	25	8.8	12.7

En plantaciones adultas se puede utilizar un cultivo de cobertura en el invierno para mejorar la estructura del suelo y aumentar el contenido de materia orgánica y fertilidad. Previo a la primavera habrá que pasar un disco e incorporarlo al suelo. Un ejemplo de esta práctica es la implantación de cebada, acompañada por la aplicación de fertilizantes nitrogenados. En términos económicos es aconsejable el uso de gramíneas de bajo costo de implantación o promover las gramíneas nativas. Para el caso de coberturas de invierno primaverales, el trébol es una alternativa aceptable, por su escasa exploración radical y aporte de nitrógeno. En este caso no se deberá roturar el suelo, su función está focalizada en mejorar la infiltración y hacer aportes pequeños a la materia orgánica. El cultivo de alfalfa no es recomendable porque compite con los árboles por nutrientes y el agua. Sin embargo, estas prácticas pueden tender a disminuir la disponibilidad de algunos micronutrientes (Byford, 2005).

Balance de nitrógeno en un cultivo de pecán

El nitrógeno es un elemento muy móvil en los agrosistemas y muy propenso a perderse y causar contaminación. En promedio, se estima que entre el 35 y

el 80 % del nitrógeno aplicado a los cultivos se pierde. Estas salidas del nutriente en parte pueden evitarse mediante distintas mejoras en la tecnología utilizada. La Figura 4 muestra el ciclo del nitrógeno en un cultivo de pecán.

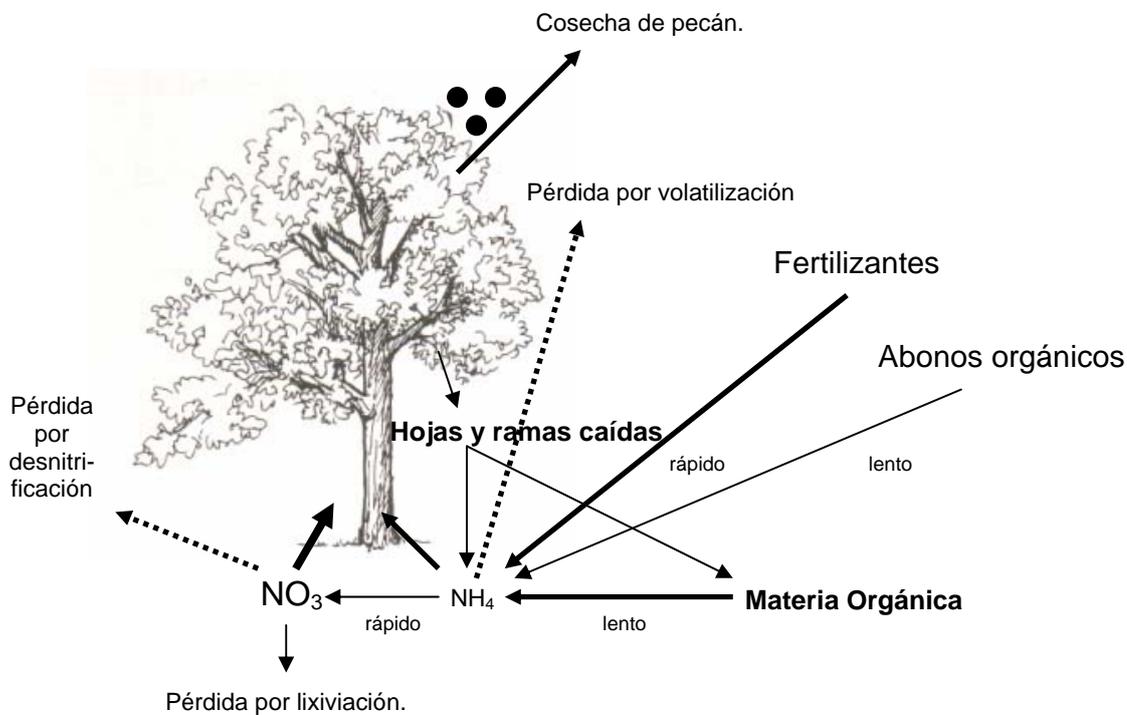


Figura 4. Ciclo del N en el sistema suelo-planta mostrando las salidas, entradas y transformaciones del nitrógeno del fertilizante y el suelo, y sus velocidades.

En Nueva México (EE.UU.) se efectuó un trabajo para determinar las salidas del nitrógeno de una fertilización, utilizando el isótopo no radioactivo ^{15}N . En este caso se aplicaron 85 kg/ha de N, bajo la forma de sulfato de amonio. Esa dosis se dividió en 6 partes y luego de cada fertilización se efectuó un riego por inundación entre 70 y 100 mm de agua por vez (Herrera y Lindenmann 2001).

Esta tecnología significó una gran pérdida de fertilizante por lixiviación (del orden de 72,5%), un 5,5 % fue removido por las cosechas y el resto permaneció en el sistema suelo/planta. La Figura 5 presenta esta información.



Figura 5. El destino de 85 kg de N aplicado a un cultivo de pecán a lo largo de tres años.

Esta información muestra el cuidado que debe tenerse en manejar adecuadamente la tecnología de fertilización, incluyendo dosis de fertilizante, momento de fertilización, etc, para evitar pérdidas que significan un quebranto económico y un daño al medio ambiente.

Conclusiones

Los fertilizantes pueden aplicarse al suelo, disueltos en el agua de riego o directamente sobre la biomasa foliar, a través de una fertilización foliar. Los fertilizantes solubles pueden adecuar la cantidad y concentración de los nutrientes en función de la demanda durante el ciclo de crecimiento del cultivo, resultando en altos rendimientos y excelente calidad de nuez. Los fertilizantes foliares deben ser considerada suplementaria. El nitrógeno es muy móvil y de no utilizarse tecnologías muy ajustadas se pierde en proporciones significativas, significando un quebranto económico y ambiental.

Bibliografía

- Begnaud J. E. y Helmers S. G. 1997. Pecan orchard management for west Texas. En Texas pecán handbook. Ed. Texas agricultural extension service. Pp XII -13 a XII -19
- Byford, R. 2005. Pecán Orchard Fertilization (Review). Coop. Extension Serv. University New Mexico State. Guide H-602
- Echeverria, H. E. y García, F. O. 2005. Fertilidad de suelos y Fertilización de cultivos. Ediciones INTA. 525 pp.
- Havlin, J., Beaton, J., Tisdale, S. y Nelson, W (eds). 2004. Soil fertility and fertilizers. 7th Ed. Pearson Prentice Hall. New Jersey. USA.
- Herrera, E. y Lindemann, W.C.. 2001. Nitrogen movement in the soil-pecán tree system. Coop. Extension Serv. University New Mexico State. Guide H-651. NM.
- Melgar, R y Camozzi, M. E. 2002. Guía de fertilizantes, enmiendas y productos nutricionales. Ed. INTA Pergamino y Proyecto Fertilizar. 260 pp.
- McEachern, R.G. 1975. Intensive pecan orchard establishment. Proc. Texas Pecán Growers Assoc. 54:18-19.
- McEachern, G. R. y Stein L. A. 1997. Nitrogen Nutrition. En Texas pecán handbook. Ed Texas agricultural extension service. Pp VI -3 a VI -5
- Sanchez, E. E. 1999. Nutrición Mineral de frutales de pepita y carozo. INTA EEA Alto Valle del Río Negro. Macrorregión Patagonia Norte. 195 pp.
- Smith, M. W., Carrol, B. L., Cheary, B.S. 2000. Mulch improves pecán tree growth during orchard establishment. Hort Sci. 35: 192-195
- Storey, J. B. 1997. Zinc Nutrition. En Texas pecán handbook. Ed Texas agricultural extension service. Pp VI -7 a VI -9.
- Walworth, J. L., Pond, A. P. y Sower, G.J. 2006. Fall applied foliar zinc for pecans. Hort Sci 41: 275-276.