

CONTENIDO

	Pág.
Efecto del fraccionamiento de nitrógeno en la productividad y en la eficiencia agronómica de macronutrientes en maíz	1
Manejo intensivo al establecimiento de plantaciones forestales de <i>Pinus</i> sp. y <i>Eucalyptus</i> sp. en Chile y Argentina	6
Acidez generada por los fertilizantes nitrogenados: Nueva evaluación de los requerimientos de cal	11
Dr. Raúl Jaramillo nominado Subdirector del IPNI para el Norte de Latino América	13
Reporte de Investigación Reciente	14
Cursos y Simposios	15
Publicaciones Disponibles	16
Editores : Dr. José Espinosa Dr. Raúl Jaramillo	

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se citen la fuente y el autor



Misión: Desarrollar y promover la información científica sobre el manejo responsable de la nutrición de las plantas para beneficio de la humanidad

EFFECTO DEL FRACCIONAMIENTO DE NITROGENO EN LA PRODUCTIVIDAD Y EN LA EFICIENCIA AGRONOMICA DE MACRONUTRIENTES EN MAIZ

Juan Pablo García¹ y José Espinosa²

Introducción

En los últimos años, el cultivo de maíz en América tropical ha tenido problemas de productividad que se atribuyen a la pérdida de fertilidad del suelo, al uso de variedades de baja producción o al mal uso de los nuevos híbridos de gran potencial de rendimiento. Sin embargo, se ha demostrado que los rendimientos se pueden incrementar apreciablemente con el uso de adecuada tecnología que incluye un mejor manejo de la población y la nutrición.

La nutrición es la práctica agronómica a la cual responde más el cultivo del maíz. Sin embargo, la experiencia de trabajo de campo en los últimos años ha permitido determinar que las recomendaciones de fertilización normalmente utilizadas no logran satisfacer adecuadamente las necesidades nutritivas del cultivo para lograr rendimientos altos y competitivos. En muchos lugares, la adición de nutrientes para satisfacer las necesidades del cultivo se ha manejado únicamente con el criterio de incrementar las dosis para lograr los rendimientos deseados. Al no conseguirse aumento en rendimiento, el simple aumento de las dosis puede ocasionar reducciones dramáticas en la Eficiencia Agronómica (EA) de los nutrientes utilizados. Una de las prioridades ambientales de la agricultura es incrementar la eficiencia de uso de los nutrientes, en particular la del nitrógeno (N). Esto únicamente se logra incrementando la EA, es decir, la cantidad de grano obtenida por unidad de nutriente utilizado (kg grano kg^{-1} de nutriente aplicado).

En maíz, el número de hileras por mazorca y el número de granos por hilera (los que determinan la formación del número total de granos por mazorca) se definen durante las etapas vegetativas comprendidas entre la hoja 6 (V6) y la hoja 12 (V12) (Ritchie et al., 2002). El nivel nutricional, particularmente de N, que se presente durante este periodo es un importante regulador del número total de granos y en consecuencia de la acumulación total del

1 Director del programa de manejo de suelos y nutrición, FENALCE, Colombia. Correo electrónico: juanpagar@yahoo.com
2 Director del International Plant Nutrition Institute. IPNI. Oficina para el Norte de Latino América. Correo electrónico: jespinos@ipni.net



rendimiento. Para hacer más eficiente la utilización del N es necesario fraccionar la dosis total de este nutriente durante el periodo de mayor absorción. La planta necesita de una pequeña cantidad de N para soportar el crecimiento inicial, pero demanda cantidades mayores durante el periodo comprendido entre V6 y V12. Aplicaciones posteriores de N no son económicas. Es importante entonces conocer el número de fracciones a utilizarse y la época de aplicación de las mismas. Este artículo presenta los resultados de un proyecto de investigación a nivel nacional conducido por la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas de Colombia (FENALCE), con el objetivo de evaluar el efecto del fraccionamiento de la dosis total de N en el rendimiento de grano y en la EA de los macronutrientes.

Materiales y métodos

La dosis total de nutrientes a aplicarse en cada localidad se estableció mediante la implementación previa de un programa de investigación de Manejo de Nutrientes por

Sitio Específico (MNSE) en maíz, siguiendo tres pasos básicos (Espinosa y García, 2008):

1. Establecimiento de la meta de rendimiento. La meta de rendimiento para un sitio en particular se estima del rendimiento de grano obtenido cuando se eliminan las limitantes de nutrientes (N, P, K, Mg y S), es decir el rendimiento de grano alcanzado con la aplicación de todos los nutrientes y con el mejor manejo conocido del cultivo para el sitio. La meta de rendimiento indica la cantidad total de nutrientes que el cultivo debe absorber para obtener dicho rendimiento.
2. Determinación del aporte de nutrientes provenientes del suelo. El suplemento de nutrientes nativos del suelo es aquel que proviene de otras fuentes menos los fertilizantes (materia orgánica, residuos del cultivo, agua de riego, etc.). La evaluación del aporte de los nutrientes nativos del suelo se logra mediante la técnica de las parcelas de omisión. Esta técnica determina el suplemento de nutrientes nativos del suelo por su acumulación en el cultivo sin fertilizar con el nutriente de interés, pero fertilizado en cantidades suficientes con los otros nutrientes para asegurarse que la ausencia de éstos no limite el rendimiento.
3. Determinación de las dosis de nutrientes necesarias para completar el déficit entre las necesidades del cultivo y el suplemento de nutrientes nativos del suelo. Para lograr la meta de rendimiento es necesario aplicar fertilizantes para completar los requerimientos de nutrientes del cultivo que no son satisfechos por los nutrientes nativos del suelo. La dosis total de un nutriente aplicado con los

Tabla 1. Dosis de nutrientes evaluadas por localidad.

Municipio	Estado	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S
Bolívar	Valle del Cauca	150	90	90	50	60
Buga	Valle del Cauca	150	90	90	50	60
Concordia	Antioquia	150	90	90	50	60
Pereira	Risaralda	150	90	100	50	60
La Palestina	Caldas	130	80	100	44	60
Villa Nueva I	Santander	150	90	100	50	60
Granada	Meta	130	80	100	44	60
Sabana de Torres	Santander	150	70	100	50	60
San Jacinto	Bolívar	100	70	90	50	60
San Juan	Guajira	110	70	70	50	60
Villa Nueva II	Guajira	110	70	70	50	60
Sopetran	Antioquia	120	90	70	44	60
Espinal	Tolima	130	90	100	44	60
Campo Alegre	Huila	140	90	90	50	60
Garzón	Huila	150	90	90	50	60
Cereté	Córdova	140	90	70	50	60

fertilizantes depende del déficit entre la necesidad total del nutriente para alcanzar la meta de rendimiento y el suplemento del nutriente proveniente del suelo, determinado por el rendimiento de la respectiva parcela de omisión. En la **Tabla 1** se presentan las dosis de nutrientes para cada sitio del estudio, obtenidas mediante la técnica de las parcelas de omisión.

Las dosis totales de N se aplicaron en diferentes fracciones y épocas de acuerdo a los siguientes tratamientos:

1. Fraccionamiento 50-50. Aplicación del 50% de la dosis total al momento de la siembra en forma de banda incorporada y el restante 50% al estado fisiológico V6 en forma de banda superficial.
2. Fraccionamiento 20-80. Aplicaciones del 20% de la dosis total al momento de la siembra en forma de banda incorporada y el restante 80% al estado fisiológico V6 en forma de banda superficial.
3. Fraccionamiento 20-40-40. Aplicaciones del 20% de la dosis al momento de la siembra en forma de banda incorporada, 40% de la dosis al estado fisiológico V6 y el restante 40% al estado fisiológico V10 en forma de banda superficial.
4. Fraccionamiento 30-40-30. Aplicaciones del 30% de la dosis al momento de la siembra en forma de banda incorporada, 40% de la dosis al estado fisiológico V6 y el restante 30% al estado fisiológico V10 en forma de banda superficial.

Las fuentes de N utilizadas fueron fosfato diamónico (18-46-0) y urea (46-0-0). El fosfato de amonio fue también la fuente de fósforo (P). Las fuentes de potasio (K) fueron cloruro de potasio (0-0-60) y sulpomag (0-0-22-18-22), que también fue la fuente de magnesio (Mg) y azufre (S). El material genético utilizado fue el híbrido FNC 3056 sembrado a una densidad de 65 000 plantas ha⁻¹. El 100% de la dosis de P, K, Mg y S se aplicó en forma de banda incorporada al momento de la siembra.

El diseño experimental utilizado fue de tratamientos organizados en bloques completamente al azar con tres repeticiones. El área de la unidad experimental fue de 96 m² (8 surcos de 15 m de largo espaciados a 0.80 m). La cosecha se realizó en los 4 surcos centrales de cada parcela.

Se calculó la eficiencia agronómica por localidad y tratamiento, utilizando los datos de rendimiento de las parcelas de omisión de N, P, K, Mg y S establecidas en todas las localidades.

Resultados

El efecto del fraccionamiento de N en el rendimiento fue estadísticamente significativo en todas las localidades, excepto en los municipios de Sabana de Torres, San Juan y Villa Nueva. Los rendimientos obtenidos con el fraccionamiento de N se presentan en la **Figura 1**. En el análisis individual por localidad, los fraccionamientos triples superaron a los dobles, excepto en Sopetran.

En las localidades de Bolívar, Buga, Concordia, Espinal, Granada, La Palestina, Pereira, Villa Nueva I, San Jacinto, Campo Alegre y Garzón los tratamientos basados en fraccionamientos triples fueron estadísticamente superiores a los tratamientos basados en fraccionamientos dobles. Dentro de los fraccionamientos triples, el tratamiento 20-40-40 presentó mayores rendimientos, los que fueron estadísticamente superiores al tratamiento 30-40-30 en La Palestina, Garzón, Cereté y Granada.

Dentro de los tratamientos basados en fraccionamientos dobles, únicamente en el municipio de Garzón el tratamiento 20-80 superó significativamente el tratamiento 50-50. Contrariamente, en las dos localidades estudiadas en el departamento de La Guajira, el fraccionamiento 20-80 fue inferior, observándose reducciones superiores a 1 t ha⁻¹ comparado con el fraccionamiento 50-50. En Cereté, el fraccionamiento 30-40-30 y los fraccionamientos dobles fueron significativamente inferiores al tratamiento 20-40-40.

En los municipios de Sabana de Torres, San Juan y

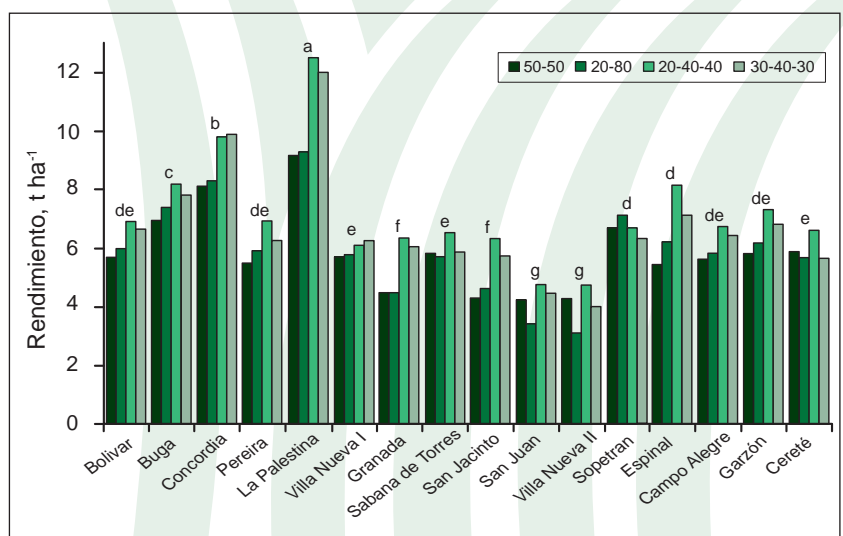


Figura 1. Efecto de cuatro estrategias de fraccionamiento de N en el rendimiento del híbrido FNC 3056.

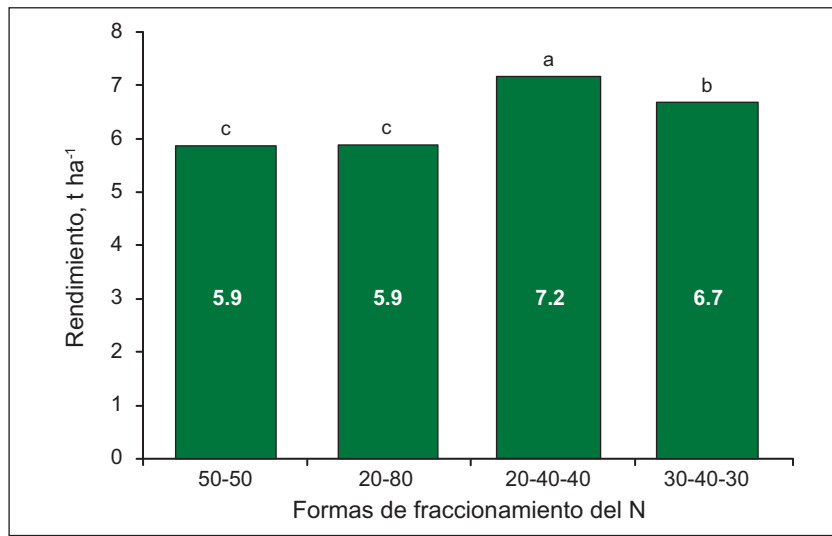


Figura 2. Análisis combinado del efecto de cuatro diferentes fraccionamientos de la dosis total de N, a través de localidades, en el rendimiento del híbrido FNC 3056.

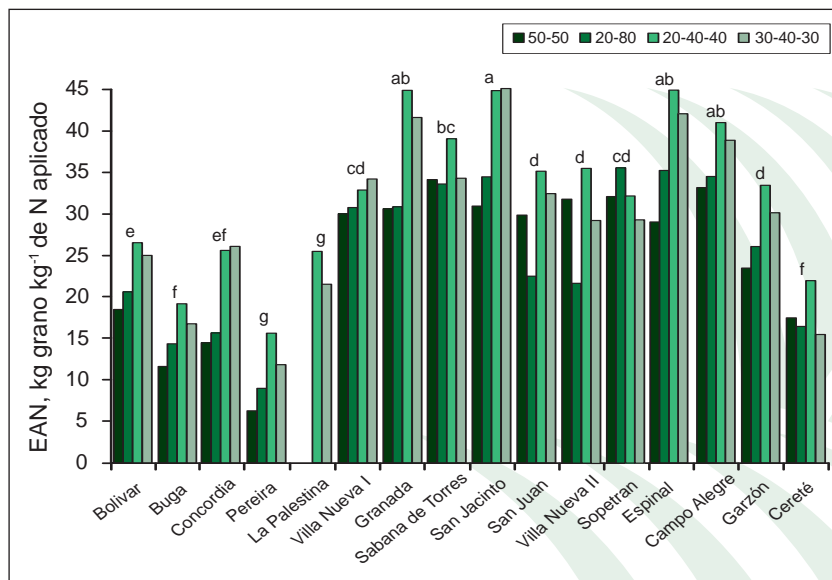


Figura 3. Variación en la EAN entre cuatro fraccionamientos de N estudiados con el híbrido FNC 3056.

Villa Nueva, a pesar de que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre fraccionamientos, se observó una diferencia agronómica a favor del fraccionamiento 20-40-40 que produjo 6.5, 4.8 y 4.8 t ha⁻¹ de grano en cada sitio, respectivamente, comparado con 5.7, 3.3 y 3.2 t ha⁻¹ obtenidas con el fraccionamiento 20-80 en los mismos sitios.

La respuesta al fraccionamiento triple se explica porque las aplicaciones de N coinciden con las etapas fisiológicas de máxima demanda de nutrientes en el maíz. En la etapa fisiológica V6 (planta de maíz con seis hojas con lígula visible) se inicia la diferenciación del primordio de la espiga y el tallo comienza su mayor elongación. En la etapa fisiológica V10 (planta de maíz con diez hojas con lígula visible) el primordio de la mazorca define el número de hileras por mazorca y el número de granos por hilera y la planta comienza un

rápido y sostenido incremento en el consumo de nutrientes y en acumulación de materia seca.

La dinámica del N en el suelo no permite que aplicaciones tempranas de fertilizantes nitrogenados garanticen la disponibilidad de este nutriente durante el periodo cuando se necesita mayor absorción, principalmente en las etapas vegetativas antes y después de V10. Este potencial déficit de N puede reducir significativamente la producción. Sin embargo, la aplicación de fertilizantes nitrogenados en la etapa V10 es una práctica que difícilmente se puede mecanizar y para su adopción se debe considerar el costo extra de la aplicación manual de N. Una tercera aplicación mecanizada de N entre V8 y V9 podría todavía presentar ventajas económicas en rendimiento.

Los resultados de rendimiento presentados en la Figura 1 muestran el diferente potencial de rendimiento de las diferentes zonas productoras de maíz en Colombia. Estas diferencias se deben al efecto del clima en la acumulación del rendimiento. Los sitios con días cálidos y noches frías permiten acumular mayor rendimiento de grano, mientras que los sitios con días y noches cálidos tienen siempre un potencial de rendimiento menor. Por esta razón, la meta de rendimiento es diferente en los diferentes sitios y en consecuencia la recomendación de fertilización es también diferente (Tabla 1). Este es el concepto de nutrición por sitio específico. Cuando se

realizó el análisis combinado entre localidades se observan diferencias estadísticamente significativas (Figura 1). Las mayores producciones se lograron en La Palestina y las menores en San Juan y Villa Nueva II. El análisis estadístico combinado, a través de sitios, demuestra que el fraccionamiento 20-40-40 es estadísticamente superior a los restantes tres fraccionamientos (Figura 2)

Adicionalmente, el fraccionamiento triple del N no solamente beneficia la producción, sino que aumenta la Eficiencia Agronómica del Nitrógeno (EAN). La EAN se define como la cantidad de grano producido por cada kg de N aplicado (kg de grano kg⁻¹ de N aplicado) y se calcula de la diferencia entre el rendimiento de la parcela con fertilización completa y el rendimiento de la parcela de omisión de N, todo dividido para la dosis de N utilizada [(R_{completo} - R_{N omitido})/dosis de N].

En la **Figura 3** se comparan las EAN de los sitios estudiados. Solamente en Sopetran los tratamientos basados en fraccionamientos triples no incrementaron la EAN. En Bolívar, Buga, Espinal, Granada, La Palestina, Pereira, Villa Nueva I, Concordia, Campo Alegre, Garzón y San Jacinto las menores EAN se obtuvieron con el fraccionamiento 50-50, mientras que en San Juan, Villa Nueva II y Sabana de Torres las menores EAN se observaron con el fraccionamiento 20-80. En el municipio de La Palestina no hubo respuesta a los fraccionamientos dobles, existiendo únicamente respuesta a los fraccionamientos triples y el fraccionamiento 20-40-40 presentó los mayores valores de EAN.

El suplemento de N nativo del suelo de los sitios Granada, Espinal, Sabana de Torres, Campo Alegre y San Jacinto es muy bajo (0.5, 1.1, 0.7, 0.9 y 1.0 t ha⁻¹, respectivamente), indicando que en estos sitios la adición de N permite respuestas altas en rendimiento y excelente EAN. En La Palestina, Buga, Concordia, Pereira y Bolívar sucede lo contrario, es decir el suplemento de N nativo es alto y la respuesta a las aplicaciones del nutriente es baja. En sitios donde la respuesta a N es baja la estrategia de manejo debe estar enfocada a incrementar la EAN, cosa que se logra reduciendo y fraccionando la dosis de N.

En general, cuando se realiza el análisis estadístico combinado, a través de los sitios, es evidente el efecto del fraccionamiento triple 20-40-40 en la EAN, alcanzado valores de 33 kg de grano kg⁻¹ de N aplicado, que es un nivel aceptable de recuperación de N (**Figura 4**).

La Eficiencia Agronómica del Fósforo (EAP) y la del Potasio (EAK) fueron también afectadas significativamente por el fraccionamiento de N. Los mayores valores se obtuvieron con el fraccionamiento 20-40-40 y los menores con los fraccionamientos dobles (**Figura 5**).

Conclusiones

Por razones económicas y ambientales, un programa eficaz de nutrición del maíz no solo requiere incrementar la producción de grano, sino que también debe buscar incrementar la eficiencia de uso de los nutrientes aplicados a través de una recuperación más alta de los nutrientes provenientes de fertilizantes

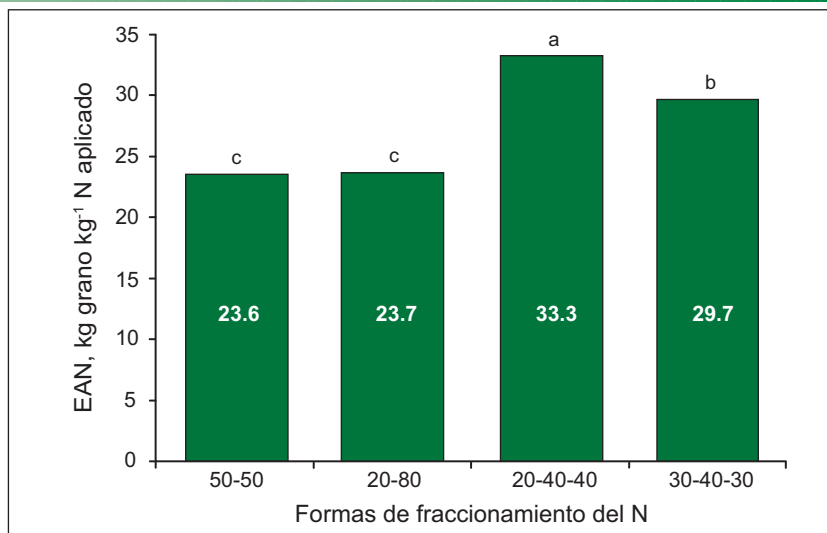


Figura 4. Análisis combinado del efecto de cuatro diferentes fraccionamientos de la dosis total de N en la EAN.

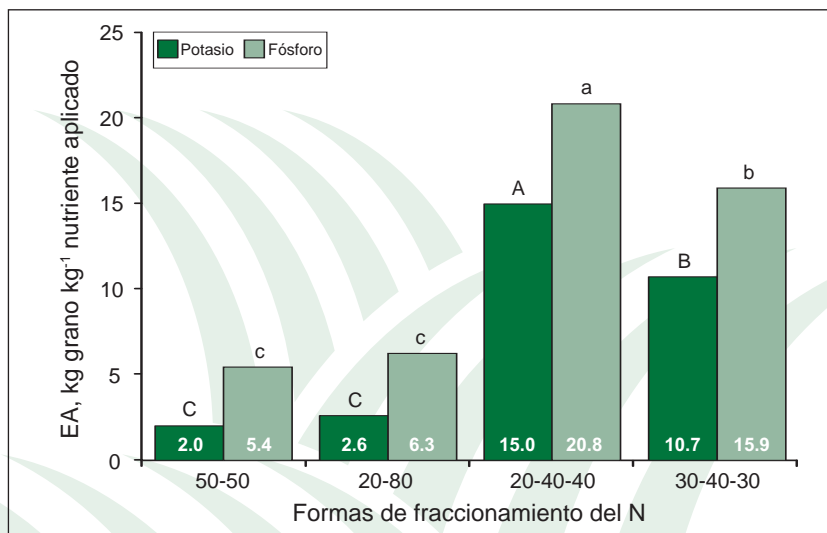


Figura 5. Efecto de cuatro diferentes fraccionamientos de la dosis total de N en la EAK y EAP. Letras minúsculas indican diferencias significativas entre EAP y letras mayúsculas indican diferencias significativas entre EAK

utilizados. Es indispensable planificar las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados basándose en las etapas fisiológicas de máxima demanda de nutrientes. Los datos de investigación demuestran que el fraccionamiento triple de la dosis total de N para el sitio, en proporción 20-40-40, en las etapas fisiológicas V0-V6-V10, respectivamente, permite incrementos significativos en el rendimiento y en la eficiencia de uso de los nutrientes aplicados.

Bibliografía

Espinosa, J., y J.P. García. 2008. High fertilizer prices: what can be done. *Better Crops* 92(3):8-10.
 Ritchie, S., H. John, y B. Garren. 2002. Como se desarrolla una planta de maíz. Spanish edition ed. Iowa State University.

MANEJO INTENSIVO AL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES DE *PINUS* SP. Y *EUCALYPTUS* SP. EN CHILE Y ARGENTINA

Rafael Rubilar¹, Thomas Fox², Lee Alle³, Tim Albaugh³ y Colleen Carlson²

Introducción

En Chile y Argentina se han establecido más de 3 millones de hectáreas de plantaciones forestales de especies exóticas manejadas intensivamente (Ibañez et al., 2004; SAGPYA, 2006). Las principales especies incluyen *Pinus radiata*, *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* entre las especies del género *Pinus*, y *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus grandis* entre las especies del género *Eucalyptus*. La industria forestal ha seleccionado estas especies en base a las propiedades de su fibra y sus altas tasas de crecimiento. Actualmente se manejan rotaciones de entre 7 a 15 años con objetivos pulpables y de 15 a 28 años con objetivos aserrables (madera estructural, madera libre de nudos y debobinable).

El éxito alcanzado por los programas de forestación y el crecimiento de la industria forestal en ambos países ha contado con el desarrollo paralelo de programas tecnológicos intensivos. Durante los últimos 20 años, programas de investigación cooperativa de carácter nacional e internacional, enfocados a silvicultura intensiva de sitio específico y mejoramiento genético, han permitido aumentar la productividad de las plantaciones de 20 a 50%, y/o reducir las edades históricas de rotación en 2 a 5 años. A continuación se presenta una síntesis de las principales estrategias utilizadas en el desarrollo de programas forestales que se han venido desarrollando en los últimos 20 años en ambos países, con énfasis en técnicas de silvicultura por sitio específico para el establecimiento de plantaciones manejadas intensivamente.

Selección de especies

Una de las condiciones necesarias para maximizar la productividad de plantaciones forestales manejadas intensivamente consiste en la correcta selección de especie para un “sitio” determinado de acuerdo con los objetivos de producción. En la selección de la especie se deben considerar condiciones climáticas y de suelo, además de los problemas de plagas y enfermedades actuales y potenciales.

Programas de mejoramiento genético

Programas intensivos de mejoramiento genético han enfocado sus esfuerzos en la selección de plantas de alto valor genético a partir de ensayos de progenie. Huertos semilleros, con material seleccionado inclusive de segundas y terceras generaciones de selección, son manejados por medio de polinización artificial cerrada (hermanos completos) o abierta (medios hermanos) para la obtención de semilla de alta ganancia genética. Alternativamente, la propagación del material genético de alto valor se lleva adelante por medios de propagación vegetativa. Sin embargo, el mayor impacto de los programas de mejoramiento genético ha sido el de lograr mayor calidad de la materia prima para su procesamiento industrial. Ganancias en la densidad básica y calidad de fibra pulpable, así como también en las características de las trozas para aserrío (por ejemplo rectitud fustal) han generado grandes aumentos de valor de cada unidad de volumen o biomasa producida (McKeand y Allen, 2005).

Producción de plantas

El proceso de producción de material de siembra para las plantaciones forestales manejadas intensivamente debe considerar etapas claves, como un adecuado proceso de producción de vivero que permita seleccionar el tipo de planta acorde a la temporalidad y condiciones del sitio donde se planifica establecer la especie (May, 1984; Morris y Campbell, 1991; Mason, 2004). Diferentes esquemas de producción de vivero (raíz desnuda y raíz cubierta) para material de semilla o estacas generan diferentes estructuras de sistema radical, masa y succulencia foliar, situación que además se ve afectada por las condiciones nutricionales iniciales al establecimiento. Estas características condicionan la mayor o menor resistencia de las plantas a ataques de plagas e insectos, condiciones de estrés hídrico y daños por heladas o viento.

Las características del tipo de suelo y los métodos de preparación de suelo y siembra inciden en la selección del tipo de planta a producir. Para suelos que no presenten propiedades físicas restrictivas, o sin

1 Cooperativa de Nutrición Forestal para América Latina, Departamento de Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Chile. Correo electrónico: rrubila@unity.ncsu.edu

2 Cooperativa de Nutrición Forestal, Departamento Forestal, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA.

3 Cooperativa de Nutrición Forestal, Departamento de Recursos Naturales, North Carolina State University, USA.



Foto 1. Preparación de sitios en terrenos con pendientes.



Foto 2. Quema de desechos de cosecha.

limitaciones hídricas o de fertilidad, no existe diferencia si se usan plantas producidas a raíz desnuda o en contenedores (Mason, 2004). En suelos de baja retención de humedad, sujetos a condiciones de estrés hídrico después de la siembra, es deseable el uso de plantas producidas en contenedores.

Finalmente, uno de los aspectos más críticos para lograr un buen desarrollo de las plantas salidas del vivero consiste en minimizar el tiempo de transporte y condiciones de estrés de las plantas antes de ser establecidas.

Establecimiento de plantaciones

A continuación se revisan las principales estrategias utilizadas y los criterios de selección de las técnicas de establecimiento de plantaciones manejadas intensivamente.

Preparación de sitio

Esta etapa considera la adecuada manipulación de los desechos de la rotación anterior. También deben considerarse tareas de control de la erosión en sitios con pendiente (Foto 1), trabajos de drenaje en sitios con exceso de humedad, preparación de cubiertas de mulch en sitios con restricciones hídricas y establecimiento de especies fijadoras de nitrógeno (N) en sitios de muy baja fertilidad. En sitios de menor fertilidad se requiere favorecer la acumulación e incorporación de materia orgánica para maximizar la disponibilidad de los recursos nutricionales. Varios estudios han demostrado que entre el 5 al 50% del N del sitio puede estar almacenado en los residuos provenientes de la cosecha anterior (Rubilar, 2005). Sin embargo, un alto volumen de desechos puede limitar el desarrollo y efectividad de la operación de preparación del suelo y el adecuado desarrollo del sistema radical de las plantas.

En sitios de menor fragilidad y que tengan altos niveles de materia orgánica en el suelo, se puede utilizar la quema controlada (Foto 2) como estrategia de reducción de desechos. Sin embargo, dadas las actuales regulaciones ambientales, la quema de desechos no es una opción que se pueda utilizar extensivamente. Complementariamente, en suelos de bajo tenor de materia orgánica, se ha implementado el picado de desechos por medio de trituración mecánica como estrategia de reciclaje de nutrientes con menor impacto ambiental.

La necesidad de preparar el suelo debe considerarse conjuntamente con las tasas de crecimiento potencial. Respuestas en sobrevivencia y uniformidad del rodal son de gran importancia, inclusive cuando las respuestas en crecimiento sean de menor magnitud. Es esencial considerar reducciones en los costos de siembra y en la evaluación económica de las respuestas a la preparación de sitio.

Control de vegetación competidora

Una de las técnicas silvícolas de mayor importancia en el manejo intensivo de plantaciones forestales es la de reducir el impacto generado por la competencia de otro tipo de vegetación por los recursos del sitio (Watt et al., 2003; Albaugh et al., 2004). En muchas situaciones, el control de la competencia puede definir la rentabilidad de una plantación al afectar tanto la sobrevivencia como el crecimiento de la plantación (Garau et al., 2006). La magnitud de la respuesta o de la rentabilidad del control de malezas está modulada por las características del sitio y de las principales especies competidoras. Los sitios donde existe una alta disponibilidad de recursos hídricos y donde no existen grandes limitaciones nutricionales generan una respuesta de menor magnitud en crecimiento, comparada con la respuesta encontrada en sitios con limitaciones de recursos (Albaugh et al., 2004; Rubilar, 2005; Rubilar et al., 2008). El adecuado control

de malezas en los primeros años de desarrollo permite la captura del potencial natural de producción del sitio y el posterior desarrollo de la plantación libre de mayores interferencias (Albaugh et al., 2004; Rubilar, 2005).

Respecto a la mejor estrategia de control de especies competidoras, la intensidad y duración del control presenta alta especificidad. En el caso de especies del género *Eucalyptus*, o material genético del género *Pinus* con altas tasas de crecimiento, se requiere de un intensivo control de malezas hasta el cierre de las copas del cultivo, debido a la alta demanda de recursos de estos materiales (Pezzutti y Caldato, 2004). Sin embargo, se han observado una mayor gama de situaciones para especies del género *Pinus*, dada su menor demanda y mayor tolerancia a condiciones de competencia (Pezzutti, 2000; Rubilar, 2005).

Fertilización

El uso de fertilizantes al establecimiento de plantaciones manejadas intensivamente, partiendo de un adecuado control de malezas, es una herramienta clave para el aumento de la productividad forestal de especies de rápido crecimiento en Argentina y Chile.

Gran parte de los fundamentos para el desarrollo de programas extensivos de fertilización han sido inicialmente desarrollados en base a experiencias internacionales. Son ampliamente reconocidos los beneficios de la fertilización al establecimiento de *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* en suelos con mal drenaje y con deficiencia en fósforo (P) localizados en la planicie costera baja del sureste de los EE.UU. Las respuestas observadas en estos sitios pueden ser de 3 a 4 m³ ha⁻¹ año⁻¹, representando cerca de un 100% de ganancia sobre plantaciones no fertilizadas a la edad de rotación (Allen y Albaugh, 2000). Del mismo modo, experiencias con *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus grandis* en Australia, Nueva Zelanda y Sudáfrica han demostrado respuestas positivas a la fertilización (Wollons y Snowdon, 1981; Donald et al., 1987). La respuesta a la fertilización de plantaciones forestales de manejo intensivo en Chile y Argentina ha sido variable y de incierta proyección en el tiempo (Alvárez et al., 1999). Las causas de esta variabilidad en respuesta radican en una serie de factores donde se incluyen los siguientes:

- Baja demanda nutricional de algunas especies en etapas de desarrollo temprano y altos niveles de disponibilidad de nutrientes en el sitio.
- Desconocimiento de las limitaciones nutricionales efectivas del sitio.
- Pérdidas por volatilización (Kissel et al., 2004).

- Interacción entre disponibilidad nutricional e hídrica dentro de la temporada de crecimiento.

En suelos de Argentina clasificados como Ultisoles y Alfisoles, Fernández et al. (1999) e Ibañez et al. (2004) reportaron respuestas a la fertilización fosforada aplicada al establecimiento de 10 a 30% en índice de volumen ($d^2 \cdot h$; donde d es el diámetro y h la altura) en *Pinus taeda*. Se han reportado similares respuestas en crecimiento a la fertilización fosforada al establecimiento de *Eucalyptus grandis* (Lupi et al., 2000). Estudios detallados han encontrado relación entre la disponibilidad de P en el suelo y la productividad de *Eucalyptus grandis* en estos sitios (Aparicio y López, 1995). En Argentina, no existen muchos antecedentes respecto a fertilización con otros macro o micro elementos en plantaciones de *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* manejadas intensivamente. Fernández et al. (1999) observaron una respuesta negativa al N y una interacción de N con potasio (K) para *Pinus taeda* en un Alfisol de Argentina.

En Chile, se han reportado respuestas en crecimiento a la fertilización con boro (B), al establecimiento de la plantación, iguales o mayores al 100%, en una amplia variedad de sitios (Tollenaar, 1970; Toro y Gessel, 1999). Las deficiencias más acentuadas están asociadas a suelos de origen granítico, metamórfico y de cenizas volcánicas antiguas de bajo contenido de B (Gerding et al., 1985). Estas deficiencias se intensifican en años secos. Sin duda la adición de 2 a 3 g de B por planta es fundamental para lograr el adecuado establecimiento y desarrollo de *Pinus radiata* y de las especies de *Eucalyptus*, debido a la conocida deficiencia de este nutriente en la mayoría de los sitios donde se establecen estas especies (Toro y Gessel, 1999). La fertilización con B se ha transformado en una herramienta preventiva básica al establecimiento (Alvárez et al., 1999). Respuestas a otros microelementos, a pesar de que han sido estudiadas, no han sido claramente reportadas en la literatura. A continuación se discuten las respuestas a la fertilización de *Pinus* y *Eucalyptus* en la región.

Pinus

A pesar de que en la década de 1990 un alto porcentaje de plantaciones de *Pinus radiata* recibían fertilización completa con N, P, K y B al establecimiento, las respuestas para una gama de sitios han sido altamente variables. Respuestas de 20% en índice de volumen ($d^2 \cdot h$) a fertilización con 100 g de N y 50 g de K observadas a los 6 meses en suelos metamórficos de la Cordillera de la Costa no se observaron a los 3 años de desarrollo de la plantación (Rubilar, 1998). Estudios no publicados conducidos por Toro mostraron respuestas al primer año de 13 a 43% en índice de volumen en suelos

graníticos y de 11 a 23% en suelos de cenizas volcánicas recientes (trumao) con formulaciones de 80 a 100 g de N, 50 a 100 g de P y 25 g de B por planta. Experiencias de Álvarez et al. (1999), en diversos tipos de suelo, mostraron buenas respuestas (> 10% en índice de volumen) con dosis entre 100 a 200 kg de P₂O₅ ha⁻¹, en suelos deficientes en este nutriente. Existen pocas evidencias de respuesta a la fertilización nitrogenada al establecimiento de *Pinus radiata* (Álvarez et al., 1999; Rubilar, 2005), sin embargo, es común observar un mayor crecimiento y homogeneidad de la plantación al primer año de crecimiento en repuesta a la aplicación de N en suelos erosionados de primera rotación. Datos de Álvarez et al. (1999) en Andisoles indican respuestas de 20% a la fertilización con 20 g de N por planta al primer y segundo año de la plantación y de 160% a 200 g de P por planta al primer año. Respuestas diferenciadas de 10 a 40% a la fertilización al establecimiento de dos familias genéticas de *Pinus radiata*, a los 3 años de crecimiento, han sido reportadas por Toro et al. (1998).

Eucalyptus

En el caso de especies del género *Eucalyptus*, mezclas de fertilizantes específicas para cada sitio que van de 70 a 350 g de N, P, K y B, en combinaciones de uno o más elementos, han sido aplicadas de la VI a la X región en Chile. Se han utilizado exitosamente dosis de entre 50 a 100 g de N y 25 a 100 g de P por planta al establecimiento, seguidas de fertilizaciones al segundo y tercer año (Bonomelli y Suárez, 1999a, 1999b).

Trabajos conducidos por Forestal Colcura y Forestal Arauco estudiando la aplicación de fertilizantes líquidos en casilla de plantación a *Eucalyptus globulus*, junto con fertilización sólida, mostraron incrementos de 1 a 3 m de altura adicionales a los 4 años de establecida la especie (Fuentes y Rebolledo, 1998). Sin embargo, no se han encontrado respuestas económicamente atractivas para la fertilización de *Eucalyptus nitens* con roca fosfórica en suelos rojos arcillosos con alta pluviometría (Barrera, 2006). Bonomelli y Suárez (1999a, 1999b), reportaron ganancias de 33 a 57% en biomasa total en *Eucalyptus globulus*, a los 3 años, en respuesta a la fertilización completa consistente en 50 g de N, 22 g de P, 42 g de K, 24 g de S, 12 g de Mg y 3.3 g de B al establecimiento, en el Valle Central y la Costa y de 33% para *Eucalyptus nitens* en la Precordillera Andina a la misma edad. La magnitud de la respuesta coincide con los datos de investigación reportados en la literatura internacional (Pereira et al., 1989). En algunos sitios con presencia de heladas, se han reportado efectos negativos a la fertilización intensa debido al estado de suculencia y susceptibilidad de tejidos de estas especies bajo condiciones de crecimiento acelerado (Geldres y Schlatter, 2004).

Las deficiencias de nutrientes en plantaciones forestales están altamente relacionadas con el uso anterior del suelo y su grado de erosión. Suelos altamente erosionados, o abandonados debido a un intenso y extractivo uso agrícola anterior, presentan, en muchos casos, buena respuesta a la fertilización. Las actuales tendencias de los programas de fertilización al establecimiento de la plantación se basan en el desarrollo de programas de manejo nutricional por sitio específico. En estos programas se consideran variables que afectan el potencial de crecimiento del material genético en un sitio particular con un clima determinado, las prácticas previas de manejo y las propiedades físicas y químicas específicas del suelo.

Combinación de estrategias y desafíos futuros

Sin duda, los beneficios de la combinación de preparación de suelo, control de malezas y fertilización son ampliamente aceptados (Nambiar, 1984; Mason y Milne, 1999), sin embargo, la adecuada selección de técnicas silvícola y la intensidad del manejo debe ser evaluada en función de los retornos económicos esperados a la edad de rotación (Albaugh et al., 2004). En la evaluación económica es fundamental considerar integralmente las reducciones o aumentos de costos en la siembra, replantes, control de maleza, sobrevivencia y calidad de la madera producida, además de las posibles interacciones con vientos, heladas, plagas o enfermedades, que puedan ser exacerbadas por mala selección de estrategias. Un aspecto de gran importancia en el éxito de un programa de silvicultura por sitio específico constituye la oportunidad de ejecución de las operaciones silvícolas, que deben ser planificadas y ejecutadas en las ventanas apropiadas para lograr las respuestas esperadas.

El establecimiento de plantaciones forestales requiere de inversiones de largo plazo, por lo cual es crucial predecir respuestas específicas al sitio para poder realizar decisiones de manejo que sean efectivas en costo y económicamente rentables (Mason y Milne, 1999).

Uno de los mayores desafíos que enfrenta el establecimiento intensivo de plantaciones forestales es la correcta definición de especies y genotipos, junto con la adecuada combinación de técnicas silvícolas que permitan maximizar la rentabilidad del sitio de una manera sustentable o ecológicamente aceptable. El uso de sistemas de silvicultura de precisión apoyados por información de sensores remotos y programas de modelos espaciales de información son herramientas de apoyo en la adecuada toma de decisiones, sin embargo, la efectividad de estas herramientas requiere de una adecuada comprensión de los procesos ecofisiológicos inherentes al desarrollo de especies y genotipos forestales.

Bibliografía

- Albaugh, T.J., R. Rubilar, J. Alvarez y H.L. Allen. 2004. *Radiata pine* response to tillage fertilization and weed control in Chile. *Bosque*, 25(2).
- Allen, H.L. y T.J. Albaugh. 2000. Understanding the interactions between vegetation control and fertilization in young plantations: Southern pine plantations in the Southeast USA. *In* Proceedings seminário sobre manejo de plantas infestantes em áreas florestais, Oct 18-19, 2000, Departamento de Ciências Florestais da ESALQ / USP, Brazil.
- Alvárez, M.J., J. Rodríguez y D. Suárez. 1999. Mejoramiento de la productividad de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, a través de un método racional de fertilización. *Bosque* 20(1):23-36.
- Aparicio, J. y J. López. 1995. Potencial de *Eucalyptus grandis* en los suelos del sudeste de la provincia de corrientes y algunos factores edáficos relacionados con la producción de madera. *Revista Bosque* 16(2):81-89.
- Barrera, V. 2006. Evaluación del crecimiento de *Eucalyptus nitens* de 5-7 años de edad, con diferentes manejos nutritivos, en la región de Los Lagos. Tesis de grado Universidad Austral de Chile. 57 p.
- Bonomelli, C. y D. Suárez. 1999a. Fertilización del Eucalipto. 1 Efecto sobre la acumulación de biomasa. *Ciencia e Investigación Agraria* 26 (1):1-11.
- Bonomelli, C. y D. Suárez. 1999b. Fertilización del Eucalipto. 2 Acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio. *Ciencia e Investigación Agraria* 26 (1):12-20.
- Donald, D., P. Lange, C. Schutz y A. Morris. 1987. The application of fertilizers to pines in Southern Africa. *South African Forestry Journal* 141:53-62.
- Fernández, R., F. Rodríguez, A. Lupi, A. Hernández y H. Reis. 1999. Efectos de diferentes prácticas de preparación de suelo y fertilización sobre el crecimiento inicial de *Pinus sp* en el NE argentino. *Revista Bosque* 20(1):47-55.
- Fuentes, C. y J.M. Rebolledo. 1998. Fertirrigación en *Eucalyptus*: Uso de fertilizantes líquidos en plantaciones. X Silvotecná, IUFRO Conference.
- Garau, A., G. Meyer y D. de Filippini. 2006. Establecimiento de *Pinus taeda* en la provincia de Corrientes (Argentina): Efecto del herbicida metsulfurón-metil sobre el crecimiento y la sobrevivencia de los plantines. *Revista Bosque* 27 (2):108-114.
- Geldres, E. y J.E. Schlatter. 2004. Crecimiento de las plantaciones de *Eucalyptus globulus* sobre suelos rojo arcillosos de la provincial de Osorno, Décima Región. *Revista Bosque* 25(1):95-101.
- Gerding, V., O. Fuentes, J. Schlatter y P. González. 1985. Fertilización con boronotrocalcita en plantaciones jóvenes de *Pinus radiata* en suelos graníticos. *Revista Bosque* 6(2):100-112.
- Ibañez, C., P. Núñez, R. Pezzutti y F. Rodríguez. 2004. Efectos de la roturación del suelo y fertilización con fósforo en el crecimiento inicial de plantaciones de *Pinus taeda*, en suelos rojos del Noreste de la provincia de Corrientes, Argentina. *Revista Bosque* 25(2):69-76.
- Kissel, D.E., M.L. Cabrera, N. Vaio, J.R. Craig, J.A. Rema, y L.A. Morris. 2004. Rainfall timing and ammonia loss from urea in a Loblolly pine plantation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:1744-1750.
- Lupi, A., R. Fernández, H. Reis, J. Bernio, J. Elizaul y H. Reboratti. 2000. Evaluación inicial de técnicas de establecimiento post-tala rasa sobre el crecimiento inicial de *Eucalyptus grandis* hill. ex maiden en el Noreste Argentino. Documento resumen en: Actas de Congreso Mundial IUFRO 2000. Malasia.
- Mason, E.G. y P.G. Milne. 1999. Effects of weed control, fertilisation and soil cultivation on the growth of *Pinus radiata* D. Don at mid-rotation in Canterbury. *Canadian Journal of Forest Research* 29:985-982.
- Mason, E. 2004. Effects of soil cultivation, fertilisation, initial seedling diameter and plant handling on the development of maturing *Pinus radiata* D. Don on Kaingaroa gravelly sand in the Central North island of New Zealand. *Revista Bosque* 25(2):43-55.
- May, J. 1984. Southern pine nursery handbook. United States Department of Agriculture. Forest Service Southern Region.
- McKeand, S. y H.L. Allen. 2005. Summary of IEG-40 meeting: Silviculture and genetic impacts on productivity of Southern pine Forests. *Southern Journal of Applied Forestry* 29(2):2005.
- Morris, L.A. y R.G. Campbell. 1991. Soil and site potential. 1991. *En*: Duryea, M.L.; Dougherty, P.M. (Ed.). *Forest regeneration manual*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p.117-142.
- Nambiar, E. 1984. Manipulation of water and nutrients in plantations of fast growing species. p. 489-506. *In*: D.C. Grey, A.P.G. Schonau y C.J. Schutz (Ed.). *Proceedings IUFRO Symp. Site and productivity of fast growing plantations*. Pretoria and pietermaritzburg. South Africa 30 April-11 May 1984. Forestry Research Institute Department of Enviroment Affairs. Pretoria. 957 p.
- Pereira, J., S. Linder, M. Araujo, H. Pereira y J. Landsberg. 1989. Optimization of biomass production in *Eucalyptus globulus* plantations a case study. *In*: Pereira J., Landsberg J. Editors. *Biomass production by fast growing trees*, p.101-121.

Continúa en la página No. 13

ACIDEZ GENERADA POR LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS: NUEVA EVALUACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE CAL

S.H. Chien¹, M. M. Gearhart² y D. J. Collamer³

Introducción

El alto precio del nitrógeno (N) y la concientización sobre la contribución de los fertilizantes nitrogenados a la emisión de gases con efecto invernadero han incrementado el interés en la evaluación de la eficiencia del N de las distintas fuentes nitrogenadas. El manejo de la acidez generada por el uso de los fertilizantes nitrogenados es parte importante de la tecnología adecuada de uso de estos materiales.

Pierre (1928) demostró que la nitrificación del N de los fertilizantes nitrogenados que contienen amonio (NH_4^+) puede generar acidez en el suelo debido a la liberación de iones hidrógeno (H^+). Por ejemplo, Adams (1984) menciona que cada mol de N proveniente del Sulfato de Amonio (SA) produce 4 moles de H^+ , mientras que cada mol de N proveniente de la urea o del Nitrato de Amonio (NA) produce solamente 2 moles de H^+ . Esto sugiere que el SA es dos veces más acidificante que el NA o la urea.

A pesar de lo anterior, a través de experimentos de invernadero con cuatro cultivos en dos tipos de suelo, Pierre en 1928 encontró que la acidez generada en suelos que han recibido aplicaciones de estos fertilizantes es en realidad solamente un 50% del valor teórico para la urea y el NA y de un 75% para el SA (Pierre, 1928). En consecuencia, Pierre sugirió que la acidez desarrollada por una mol de N proveniente de SA sería tres veces mayor que la acidez desarrollada por una mol de N proveniente del NA o de la urea.

La Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC por sus siglas en inglés) adoptó los valores reportados por Pierre en 1934 que indicaban que la cantidad de cal requerida para neutralizar la acidez inducida por la urea y el NA sería de 1.8 kg de carbonato de calcio (CaCO_3) por kg de N y tres veces mayor, 5.4 kg CaCO_3 por kg de N, para el SA (Pierre, 1934). Estos valores han sido citados extensivamente en la literatura mundial a través de los años, sin haber sido críticamente examinados y validados por investigación.

Según Adams (1984), Pierre utilizó el proceso de generación de acidez o basicidad fisiológica que se produce cuando las plantas toman cantidades desiguales



de cationes y aniones para generar su recomendación. En el caso del NA, cuyo contenido de N es mitad NH_4^+ y mitad nitrato (NO_3^-), la absorción de aniones NO_3^- neutralizaría parte de la acidez producida con la nitrificación de los cationes NH_4^+ . El 100% del N en el SA está en forma de catión NH_4^+ , pero también contiene el anión sulfato (SO_4^{2-}). Como las plantas también absorben SO_4^{2-} , en menores cantidades que el NO_3^- , el efecto neutralizante del SO_4^{2-} sería mucho menor que el del NO_3^- . Por lo tanto, podría esperarse que el potencial de acidificación total del SA sea mayor. Sin embargo, Pierre no consideró el efecto tampón de los suelos, normalmente asociado a la textura (contenido de arcilla).

En noviembre de 1998, el Centro Internacional de Desarrollo de Fertilizantes (IFDC por sus siglas en inglés) en Muscle Shoals, Alabama, EE.UU., inició un proyecto de laboratorio e invernadero de 3 años de duración para verificar el poder acidificante de los fertilizantes nitrogenados más comunes (urea, NA y SA).

Este artículo resume los resultados del estudio de Chien et al. (2008), con nuevas estimaciones de la cantidad de cal necesaria para neutralizar la acidez creada por la aplicación de tres fertilizantes nitrogenados.

Materiales y métodos

Se cultivaron hasta la madurez, por 3 años consecutivos, una secuencia de trigo-maíz-trigo-maíz-trigo en suelos

1 Anteriormente en IFDC (nchien@comcast.net)

2 Honeywell Resin & Chemicals (mercedes.gearhart@honeywell.com).

3 Honeywell Resin & Chemicals (dean.collamer@honeywell.com)

Tabla 1. Cambios en el pH de los suelos al final del experimento (5 cultivos).

Fertilizante	----- Cambios en el pH del suelo -----		
	Sharkey	Decatur	Greenville
Urea	0.41	0.20	0.26
NA	0.41	0.15	0.28
SA	0.75	0.67	1.03
pH original	6.60	6.62	6.44

Tabla 2. Requerimientos Relativos de Cal (RRC) de SA con respecto a urea y NA al finalizar el experimento.

Suelo	----- RRC, % -----		
	SA/Urea	SA/AN	Promedio
Sharkey	160	164	162
Decatur	216	192	204
Greenville	239	252	245

con diferente contenido de arcilla: Sharkey (64%), Decatur (33%) y Greenville (17%) y de diferente contenido de materia orgánica: 2.60, 1.83 y 1.40%, respectivamente. El pH de todos los suelos se ajustó entre 6.44 a 6.62 antes de las primeras siembras. Se incorporaron 100 kg de N ha⁻¹ para los primeros dos cultivos de trigo y 200 kg de N ha⁻¹ para los cultivos de maíz y el último cultivo de trigo. En total se aplicó el equivalente de 800 kg de N ha⁻¹ con cada una de las fuentes de N. El N se aplicó en forma de SA, urea y NA, adicionalmente se incluyó un control sin aplicación de N. Se midió el pH del suelo después de cada cultivo.

Luego del cuarto y último cultivo se analizaron muestras de suelo para determinar el Requerimiento Relativo de Cal (RRC) del SA con respecto al NA y a la urea por dos métodos diferentes. Un primer método consistió en agitar 5 g de suelo con una solución 1 M de acetato de calcio (pH 8.0), filtrar y titular el extracto a pH 8.0 con hidróxido de sodio 0.01 M. El RRC se calculó en base al volumen de hidróxido de sodio (NaOH) necesario para terminar la titulación. Un segundo método consistió en agregar diferentes dosis de CaCO₃ a muestras de cada suelo, para luego incubarlas por dos semanas. En este caso, el RRC se calculó en base a la cantidad de CaCO₃ requerido por cada fuente para alcanzar un mismo pH.

Resultados y discusión

La comparación con el tratamiento control permitió constatar que las tres fuentes nitrogenadas redujeron el pH del suelo luego de cada ciclo de cultivo (Tabla 1). Asimismo, todas las fuentes nitrogenadas tuvieron menor efecto en el pH del suelo arcilloso (Sharkey) que

en el de los suelos arenoso (Greenville) y franco-arcilloso (Decatur). Se observó que el SA es más acidificante que el NA y que la urea, mientras que las dos últimas fuentes tienen similar potencial de acidificación.

El RRC promedio obtenido por el método de titulación con NaOH, indica que se requiere de 1.4 a 2.3 veces más cal para neutralizar la acidez de SA frente al NA y la urea (Tabla 2). Utilizando el método de incubación de suelos con CaCO₃ se obtuvieron resultados similares, con valores de RRC para el SA en relación al NA y la urea de 1.38 y 1.87 para los suelos de Sharkey y Greenville respectivamente. Estos resultados discrepan con los valores oficiales de la AOAC, los cuales establecen que para neutralizar la acidez inducida por la fertilización con SA se

requiere 3.0 veces más cal que un suelo fertilizado con NA o urea.

En otras palabras, el requerimiento relativo de cal para neutralizar la acidez inducida por SA respecto al NA o la urea es solamente 50-70% del valor oficial establecido históricamente por la AOAC y utilizado universalmente desde entonces.


Conclusión

Los resultados encontrados sugieren que la dosis de encalado necesaria para neutralizar el efecto acidificante del SA, en relación con el NA y la urea, varía entre el 160 y 252% y depende del tipo de suelo y del contenido de arcillas y materia orgánica.

Bibliografía

- Adams, F. 1984. Crop response to lime in the southern United States. In Soil Acidity and Liming, F. Adams. ed. Madison, Wisconsin: ASA-CSSA-SSSA. 211-265.
- Chien S.H., M. Gearhart y D.J. Collamer. 2008. The effect of different ammonical nitrogen sources on soil acidification. Soil Science 173:544-551.
- Pierre, W. H. 1928. Nitrogen fertilizers and soil acidity: I. Effect of various nitrogenous fertilizers on soil reaction. Journal of the American Society of Agronomy 20:254-269.
- Pierre, W.H. 1934. The equivalent acidity and basicity of fertilizers as determined by a newly proposed method. Association of the Agricultural Chemist Journal 17:101-107.


Dr. Raúl Jaramillo nominado Subdirector de los programas agronómicos de la oficina para el Norte de Latino América del IPNI

Desde Octubre del 2008, el Dr. Raúl Jaramillo se unió al grupo de profesionales del IPNI como Subdirector de la Oficina del Norte de Latino América para trabajar en coordinación con el Dr. José Espinosa, Director del programa. El Dr. Jaramillo coordinará el trabajo agronómico en Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela, Panamá y Costa Rica, mientras que el Dr. Espinosa concentrará su trabajo en América Central, México y el Caribe. El Dr. Jaramillo se graduó de Ing. Agrónomo en la Universidad Central del Ecuador en 1994 y pasó a trabajar en el Centro Internacional de la Papa (CIP) en Quito como asistente de investigación. En 1998 inició sus estudios de Maestría en Ciencias del Suelo en la Universidad Agrícola de Wageningen en Holanda, donde se graduó en el año 2000 regresando al CIP a trabajar en los programas de manejo de recursos naturales en colaboración con la Universidad Estatal de Montana y la Universidad Agrícola de Wageningen. A partir del 2002 se enroló en el Departamento de Horticultura en la Universidad del Estado de Pennsylvania, iniciando un Doctorado bajo la supervisión del Dr. Jonathan Lynch con enfoque en la nutrición mineral de plantas. En Septiembre del 2008 defendió su Disertación de Doctorado luego de un extenso trabajo de investigación en los costos metabólicos de formación de raíces, la adaptación de plantas que sufren deficiencias minerales al cambio climático y la distribución de los suelos deficientes en fósforo alrededor del mundo. Su amplia experiencia en Ciencias del Suelo y Nutrición de Plantas será valiosa para fortalecer los programas agronómicos del IPNI. 



Manejo intensivo al establecimiento de plantaciones forestales...

Bibliografía

- Pezzutti, R. 2000. Efecto del control de malezas en el crecimiento inicial de plantaciones de *Pinus taeda* L. del NE de Corrientes, Argentina. *En: Silvoargentina: Avances en el establecimiento de plantaciones de coníferas subtropicales en el Mercosur.* Gob. Virasoro. 16 p.
- Pezzutti, R. y S. Caldato. 2004. Efecto del control de malezas en el crecimiento de plantaciones de *Pinus taeda*, *Pinus elliottii* var. *elliottii* y *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. *Revista Bosque* 25(2):77-87.
- Rubilar, R. 1998. Control de malezas y fertilización de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don establecidas en suelos metamórficos del predio Quivolgo II, Constitución, VII Región. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal, Universidad de Chile.
- Rubilar, R.A. 2005. Environmental constraints on growth phenology, leaf area display, and above and belowground biomass accumulation of *Pinus radiata* (D. Don) in Chile. Ph.D. Dissertation. Dept. of Forestry and Environmental Resources, North Carolina State Univ., Raleigh, NC. 190 pp.
- Rubilar, et al., 2008. Three-year response of *radiata* pine plantations to weed control duration and fertilization on metamorphic soils of the VII región Chilean Coastal Range. *Revista Bosque* 29(1): (en impresión).
- SAGPYA. 2006. <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/>
- Tollenaar, H. 1970. Deficiencias de boro en plantaciones de pino en la zona central de Chile. Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación. Mérida, Venezuela. 1970. *Boletín* N° 33-34, p. 80-86.
- Toro, J., R. Rubilar, C. González. 1998. Métodos para aumentar la productividad de plantaciones de *Pino radiata* y *Eucalyptus globulus* entre las regiones séptima y octava, *In: Simposio IUFRO: Manejo sustentable de los recursos forestales, Desafío del siglo XXI.* Primer Congreso Latinoamericano. Valdivia, noviembre 1998, 10 p.
- Toro, J. y S. Gessel. 1999. *Radiata* pine plantations in Chile. *New Forests* 18:33-44.
- Watt, M.S., D. Whitehead, E. Mason, B. Richardson y M.O. Kimberley. 2003. The influence of weed competition for light and water on growth and dry matter partitioning of young *Pinus radiata*, at a dryland site. *Forest Ecology and Management* 183: 363-376.
- Wollons, R. y P. Snowdon. 1981. Theory and practice of forest fertilization. *In: Proceedings Australian forest nutrition workshop. Productivity in Perpetuity.* Melbourne. Australia 1981. CSIRO. 367 p. 

REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

DETERMINACION DE LAS NECESIDADES NUTRITIVAS DE BANANO CAVENDISH CULTIVADO EN EL ESTADO DE SAO PAULO, BRASIL

Junqueira, L.A., B. Van Raid, and J.E. Bettiol. 2008. Estimate nutrition needs of Cavendish banana trees subgroup grown in the state of Sao Paulo, Brazil. Rev. Bras. Frutic. 30(2):540-545.

Las recomendaciones de fertilización de banano deben considerar la acumulación de nutrientes en las plantas y la remoción en los racimos. Se estimó la exportación de nutrientes en los racimos y la acumulación en plantas de banano Cavendish cultivado en el estado de Sao Paulo (Brasil) utilizando una base de datos de 293 muestras con las concentraciones de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn y Zn) en los racimos (frutos y raquis) provenientes de cultivares Grand Naine y Giant Cavendish, con y sin riego, nutridos con varias fórmulas a través de siete ciclos de cosecha. El K fue el nutriente que se removió en mayor medida en los racimos (182 kg ha⁻¹), seguido por el N (68 kg ha⁻¹), Mg (10 kg ha⁻¹), P (8 kg ha⁻¹), Ca (6 kg ha⁻¹), S (3 kg ha⁻¹), Mn (191 g ha⁻¹), Fe (147 g ha⁻¹), B (89 g ha⁻¹), Zn (68 g ha⁻¹) y Cu (25 g ha⁻¹) para un rendimiento promedio de 40 t ha⁻¹. Las recomendaciones de fertilización para el banano en el estado de Sao Paulo subestiman los requerimientos de K, mientras que las recomendaciones de N son mayores a la remoción en los racimos. La recomendación de P está de acuerdo a los requerimientos del cultivo.

RENDIMIENTO Y CRECIMIENTO DE BROTES LATERALES DEL AJO EN RESPUESTA A LAS APLICACIONES DE NITROGENO Y POTASIO Y COBERTURA DEL SUELO

Trani, P.E., M.S. Camargo, D.E. Foltran, R. Hiroce, F.B. Arruda, and H.E. Sawazaki. 2008. Yield and lateral shoot growing of garlic influenced by nitrogen, potassium and mulching. Hort. Bras. 26(3):330-334.

Algunos tipos de ajo vernalizado muestran la tendencia a formar un bulbo secundario, esta condición negativa puede ser influenciada por las aplicaciones de nitrógeno (N) y de potasio (K) y por la cobertura del suelo (mulching), pero existen muy pocos estudios que documenten esta situación. El presente experimento se llevó adelante en un suelo típico Hapludox de textura media en Campinas, estado de Sao Paulo en Brasil. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, en un esquema factorial 4 x 4 x 2 con cuatro dosis de N (0, 50, 100 y 150 kg N ha⁻¹), cuatro dosis de K₂O (0, 50, 100 y 150 kg K₂O ha⁻¹) y dos sistemas de manejo de la cobertura (con y sin mulching). Los tratamientos se arreglaron en tres repeticiones. El área útil de cada parcela fue de 1.5 m² y la siembra (Mayo de 1999 y 2000) se realizó con espaciamiento de 0.2 x 0.1 m entre plantas. Luego de la cosecha (Octubre de 1999 y 2000) y de un período de endurecimiento de 50 días, los bulbos se evaluaron por su peso, la formación de brotes laterales y otros defectos, la producción total y producción

comercial por parcela. Las dosis de N y de K y el mulching influenciaron independientemente las características del ajo, sin presentar interacciones, variando en función de cada variable estimada. La fertilización nitrogenada incrementó el desarrollo lateral de brotes y la fertilización con K redujo este problema en los dos años. La mayoría de los bulbos fueron clasificados como pequeños en 1999 y como de tamaño medio en el 2000. El mulching redujo el rendimiento en todas las clases de ajo, así como el rendimiento total y comercial, pero no influyó en la presencia de defectos. El valor estimado del rendimiento máximo fue de 3 922 y 8 689 kg ha⁻¹ con 74 y 107 kg N ha⁻¹ en los años de 1999 y 2000 respectivamente. Se obtuvo rendimiento comercial (3 563 kg ha⁻¹) con 68 kg N ha⁻¹ en 1999, pero no se observó respuesta a las aplicaciones de N en el 2000. El máximo rendimiento comercial se obtuvo con la aplicación de 94.5 kg K₂O ha⁻¹ en 1999. Se observó una respuesta lineal a las dosis de K en el 2000.

FERTILIZACION NITROGENADA, DENSIDAD DE SIEMBRA Y ESPACIAMIENTO EN MAIZ BAJO UN SISTEMA DE LABRANZA CERO EN EL SURESTE DEL ESTADO DE TOCALINS, BRASIL

Von Pinho, R.G., M.R. Gross, A.G. Steola, and M.C. Mendes. 2008. Nitrogen fertilization, sowing rate and row spacing in corn crop under no-tillage system in southeastern Tocantins State, Brazil. Bragantia, 67(3):733-739.

Entre las prácticas agronómicas más importantes para obtener incrementos en el rendimiento del maíz están la selección de arreglo de las plantas a la siembra y la época de aplicación del nitrógeno (N), conjuntamente con la selección del híbrido y el sistema de cultivo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de cuatro épocas de aplicación del fertilizante nitrogenado, tres densidades de siembra y dos espaciamientos entre surcos de dos híbridos de maíz cultivados con labranza cero (siembra directa) en sur este del estado de Tocantins, Brasil. Se instalaron dos experimentos individuales, uno con espaciamiento de entre surcos de 0.45 m y otro de 0.90 m. En cada experimento se sembraron dos híbridos de maíz (P30K75 y Tork) con tres densidades (55, 70 y 85 mil plantas ha⁻¹) y cuatro esquemas de aplicación del N: 40 kg ha⁻¹ de N aplicado a la siembra sin aplicación en cobertera; 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra + 120 kg ha⁻¹ de N en cobertera inmediatamente después de la siembra; 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra + 60 kg ha⁻¹ de N en cobertera en el estado de 4 a 5 hojas + 60 kg ha⁻¹ de N en cobertera en el estado de 7 a 8 hojas y 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra + 120 kg ha⁻¹ de N en cobertera en el estado de 6 a 7 hojas. El fraccionamiento del N incrementó el rendimiento de grano. A medida que se incrementó la densidad de siembra, la altura de planta y el rendimiento del grano aumentaron. El espaciamiento entre plantas a 0.45 m promovió un mayor rendimiento de grano, independientemente de la densidad de siembra utilizada y del híbrido empleado. El P30K75 obtuvo un mejor rendimiento que híbrido Tork.

COMPARACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE FOSFORO PARA TRIGO, LUPINO Y COLZA

Bolland, M.D.A., and R.F. Brennan. 2008. Comparing the phosphorus requirements of wheat, lupin, and canola. Australian Journal of Agricultural Research 59 (11): 983-998.

El trigo (*Triticum aestivum* L.), el lupino (*Lupinus angustifolius* L.) y la colza (*Brassica napus* L.) son los principales cultivos de rotación en los suelos predominantemente arenosos del suroeste de Australia. Las comparaciones de las respuestas de rendimiento entre estas especies a la aplicación de P, los efectos del P aplicado en la tasa de crecimiento del follaje, la eficiencia de uso de P para la producción de follaje y grano y el patrón de acumulación de P en el follaje durante el crecimiento y en el grano a la madurez son muy raros, o desconocidos, y por esta razón se cuantificaron en el presente estudio de invernadero. El tamaño de la respuesta y el contenido de P (concentración de P multiplicada por el rendimiento) siguieron el siguiente orden: colza < trigo < lupino. Por lo tanto, las respuestas en rendimiento a la

aplicación de P fueron observadas primero en la colza aproximadamente a los 10 Días Después de la Siembra (DDS), alrededor de los 17 DDS para el trigo y cerca de los 60 DDS para el lupino. El follaje del lupino no mostró diferencias de rendimiento al P aplicado en la primera cosecha a los 51 DDS. Por lo demás, todas las especies mostraron mejores rendimientos, concentraciones de P y contenido de P en respuesta al P aplicado para todas las cosechas hechas a 51, 78, 87, 101, 121 y 172 DDS. Para producir 90% del rendimiento máximo de grano, dato relevante para cada cultivo, el lupino necesitó 67% menos P que el trigo, la canola 40% menos P que el trigo y 75% más que el lupino. Las tasas de crecimiento y la eficiencia de uso de P fueron generalmente mayores para la colza, seguida por el trigo y por el lupino. Para el follaje, la acumulación de P estuvo en el orden lupino > trigo > colza a los 51 DDS, colza > trigo > lupino a los 78 y 87 DDS, colza > trigo = lupino a los 101 DDS y fue similar para las tres especies a los 121 DDS. Para la acumulación de P en el follaje y granos a la madurez (172 DDS), el orden fue colza > lupino > trigo, y para el grano únicamente fue colza > trigo = lupino.✍

CURSOS Y SIMPOSIOS

1. XVIII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo

Organiza : UNESUR
Lugar y Fecha : Santa Bárbara de Zulia, Venezuela
 Marzo 9-13, 2009
Información : UNESUR
 : Tel.: 424 719 7817
 : svcs@svcs.org.ve
 : www.svcs.org.ve/eventos.htm

2. Simposio “Fertilidad 2009” Mejores Prácticas de Manejo para una Mayor Eficiencia en la Nutrición de Cultivos

Organiza : IPNI Cono Sur
 Fertilizar Asociación Civil
Lugar y Fecha : Rosario, Santa Fé
 Argentina
 Mayo 12-13, 2009
Información : IPNI Cono Sur
 : lpisahuri@ipni.net
 : www.ipni.net/lasc

3. XVI Coloquio Internacional de Nutrición de Plantas

Organiza : IPNC
Lugar y Fecha : Sacramento, California, USA
 Agosto 26-30, 2009
Información : IPNC
 : http://ipnc.ucdavis.edu/
 IPNC@plantsciences.ucdavis.edu

4. Tecnologías y Prácticas de Manejo para Incrementar la Eficiencia de Sistemas Agrícolas Sustentables

Organiza : CIGR
Lugar y Fecha : Rosario
 Argentina
 Septiembre 1-4, 2009
Información : CIGR
 : info@cigr2009argentina.org
 : www.cigr2009argentina.org

5. XVI Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite

Organiza : Fedepalma / Cenipalma
Lugar y Fecha : Cartagena de Indias, Colombia
 Septiembre 22-25, 2009
Información : Fedepalma
 : Tel.: 57 1 208 6300
 : www.fedepalma.org
 : www.cenipalma.org

6. XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo

Organiza : SLCS - ACCS
Lugar y Fecha : San José, Costa Rica
 Noviembre 16 - 20, 2009
Información : SLCS - ACCS
 : Tel.: 506 2253 7631
 : Fax.: 506 2253 2932
 : info@clacs2009.com
 : www.clacs2009.com

PUBLICACIONES DISPONIBLES

	<p>* NUEVO: Nutrición y Fertilización del Mango. Esta publicación ofrece información básica para el manejo de la nutrición y fertilización del mango tomando en cuenta las particulares características de desarrollo de este cultivo en el trópico.</p>	\$ 15,00
	<p>* Manual de Arroz: Desórdenes Nutricionales y Manejo de Nutrientes. Esta publicación contiene información que permite desarrollar estrategias de recomendaciones de fertilización del arroz cultivado en regiones tropicales y subtropicales.</p>	\$ 25,00
	<p>* Guía Práctica para el Manejo de Nutrientes en Arroz. Contiene una discusión concisa y muy práctica de las estrategias de manejo nutricional y recomendaciones de fertilización del arroz cultivado en regiones tropicales y subtropicales. Excelente herramienta de apoyo en el contacto diario con los agricultores.</p>	\$ 15,00
	<p>* Guía de Campo, Serie en Palma Aceitera, Volumen 1: Vivero. Guía de campo preparada específicamente para uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 1 cubre el manejo del vivero para producir plántas de calidad que deben estar disponibles para la siembra en el campo en el momento requerido.</p>	\$ 20,00
	<p>* Guía de Campo, Serie en Palma Aceitera, Volumen 2: Fase Inmadura. Guía de campo preparada específicamente para uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 2 cubre el manejo de la fase inmadura de la plantación para lograr una población uniforme de palmas productivas en cada bloque del campo.</p>	\$ 20,00
	<p>* Guía de Campo, Serie en Palma Aceitera, Volumen 3: Fase Madura. Guía de campo preparada específicamente para uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 3 cubre el manejo de la fase madura de la plantación para lograr rendimientos sostenidos de racimos de fruta fresca a través de toda la etapa productiva del cultivo.</p>	\$ 20,00
	<p>* Síntomas de Deficiencias de Nutrientes y Desórdenes en Palma Aceitera. Guía de Bolsillo para técnicos a cargo del manejo de plantaciones que deseen identificar los síntomas de deficiencia en el campo, conocer algo de sus causas y como éstas podrían prevenirse o remediarse.</p>	\$ 8,00
	<p>* Síntomas de Deficiencias Nutricionales y Otros Desórdenes Fisiológicos en Banano. Guía de Campo para técnicos y agricultores que permite identificar en el campo los síntomas de deficiencias nutricionales, conocer sus causas y determinar una estrategia de prevención o recuperación.</p>	\$ 8,00
	<p>* Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes con datos y ejemplos de diferentes partes del mundo</p>	\$ 15,00
	<p>* Manual de Nutrición y Fertilización del Café. Este manual presenta conceptos modernos del manejo de la nutrición y fertilización del cafeto como herramienta para lograr rendimientos altos sostenidos.</p>	\$ 20,00
	<p>* Manual de Nutrición y Fertilización de Pastos. Esta publicación ofrece a las personas envueltas en la producción ganadera una visión amplia del potencial productivo, de los requerimientos nutricionales y de los factores limitantes impuestos por el ambiente tropical a la producción de forrajes.</p>	\$ 15,00
	<p>* Nutrición de la Caña de Azúcar. Este manual de campo es una guía completa para la identificación y corrección de los desórdenes y desbalances nutricionales de la caña de azúcar. El tratamiento completo de la materia y las excelentes ilustraciones hacen de este manual una importante herramienta de trabajo en la producción de caña.</p>	\$ 8,00