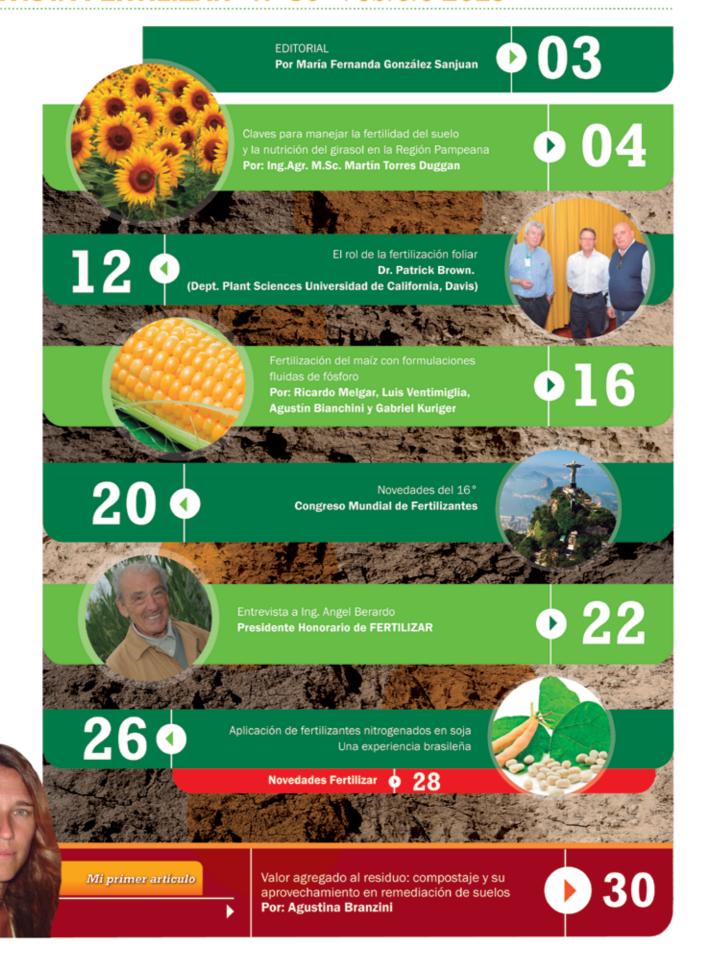




REVISTA FERTILIZAR - N°30 - Febrero 2015





Asociación Civil

Presidente

Pablo Pussetto (Profertil S. A)

Vicepresidente 10 Víctor Accastello (ACA)

Vicepresidente 20

Jorge Bassi (Bunge Argentina S.A.)

Secretario

Ezequiel Resnicoff (YPF)

Prosecretario

Camila López Colmano (Nidera S.A.)

Diego Antonini (Profertil)

Protesorero

Marco Prenna (ACA Coop. Ltda.)

Vocales Titulares

Federico Daniele (ASP) Margarita González (YARA)

Pedro Faltlhauser (Bunge Argentina S.A.) Mariano Scaricabarossi (MOSAIC S.A.)

Revisores de Cuentas

Francisco Llambías (Profertil S. A) Guillermo Pinto (ASP)

Comité Técnico

R. Rotondaro G. Deza Marín M. Palese M. Díaz Zorita I. Cartey J. Urrutia P. Lafuente D. Germinara P. Poklepovic M. F. Missart M. Toribio M. Zaro M. Avellaneda

Gerente Ejecutiva

M. Fernanda González Sanjuan

ASP AGRILIQUID SOLUTIONS AMEROPA CONOSUR SRL BROMETAN COMPO ARGENTINA **EMERGER** FULLTEC SRL STOLLER ARGENTINA HELM ARGENTINA TIMACAGROARGENTINA TRANSAMMONIA LOUIS DREYFUS YARA

MOLINOS RIO DE LA PLATA

NITRON NOVOZYMES PHOSCHEM **PROFERTIL** RECUPERAR SRL RIZOBACTER

Asesor de Contenidos Ricardo Melgar

> Corrección Martín L. Sancia

YPF S.A.

Coordinación General Paula Vázquez

> Producción Horizonte A Ediciones





Les presentamos un nuevo número de nuestra revista, con varios artículos de interés relacionados con la fertilización del maíz con formulaciones fluidas de fósforo; otro sobre las claves para manejar la fertilidad del suelo y la nutrición del girasol en la Región Pampeana así como también uno acerca de la aplicación de fertilizantes nitrogenados en soja.

Asimismo, incluimos una nota sobre fertilización foliar, surgida de dos charlas que realizamos a mediados de octubre junto al INTA Pergamino y de las que participaron técnicos argentinos y el especialista estadounidense Dr. Patrick Brown del Departamento de Ciencias de las Plantas de la Universidad de California, Davis, Estados Unidos. Además incluimos las novedades del Congreso Mundial de Fertilizantes que se llevó a cabo a fines de octubre en Rio de Janeiro y que reunió a más de 500 delegados de 38 países.

La entrevista principal en esta oportunidad se la realizamos al Ing. Angel Berardo, Presidente Honorario de FERTILIZAR, quien en la actualidad, y desde 1980, es Director Técnico de FERTILAB y consultor en el área de fertilidad de suelos y uno de los pioneros de este sector.

Y como en cada edición, compartimos un nuevo "Primer Artículo" de Agustina Branzini, en este caso sobre el valor agregado al residuo: compostaje y su aprovechamiento en remediación de suelos.

En diciembre de 2014 celebramos nuestros 20 años de existencia. Desde la formación de nuestra entidad la aplicación de fertilizantes en los planteos agrícolas de la Argentina permitió incrementar la producción total de granos en un 35 %, aportando 25 millones de toneladas más a la cosecha (o sea 9.000 millones de dólares a la economía nacional). Aún tenemos cuentas pendientes por la baja reposición de nutrientes, la escasa rotación con gramíneas y el modelo de arrendamientos de corto plazo que comprometen la sustentabilidad de los sistemas productivos.

Para Fertilizar, de cara a los próximos años, es importante remarcar la caída del 24% en el contenido de la materia orgánica del suelo agrícola con importantes déficits en los niveles de nutrientes. En este marco, debemos ser conscientes que hoy la fertilidad de los suelos ha mermado y debemos reaccionar rápidamente para recuperarla.

Por eso, es necesario desarrollar un modelo de agricultura sustentable con foco en los aspectos ambientales, económicos y sociales en el cual se incluya a los fertilizantes como la tecnología para mejorar la productividad general y por unidad de área.

Cordialmente,

Ing. Agr. Ma Fernanda González Sanjuan **Gerente Ejecutivo**



EL SUELO Y EL AMBIENTE DE IMPLANTACIÓN DEL GIRASOL

El conocimiento de las características edáficas y su aptitud de uso es la base para realizar cualquier planificación de la tecnología a aplicar en un cultivo de grano. El tipo de suelo, la presencia de impedancias y la condición física, son algunos de los factores que se deben analizar.

APTITUD DEL SUELO

En la Tabla 1 se detallan algunas propiedades edáficas de interés en la evaluación de tierras a implantar con girasol.

Los mapas básicos de suelos a escala 1:20.000 (o a mayor detalle) representan una herramienta muy útil para conocer las principales series de suelo presentes en el establecimiento (unidades tenidos de MO) y en suelo húmedo (menor capacidad portante).

De acuerdo con experimentos realizados en la Argentina, las condiciones de contacto suelo-semilla y la emergencia de plántulas son menos favorable en sistemas en siembra directa que en labranza convencional, debido principalmente a la interferencia de los rastrojos.

Los principales efectos adversos de la compactación sobre el cultivo son:

- Menor uniformidad en el stand de plántulas emergidas
- Menor crecimiento de raíces y menor acceso a agua y nutrientes poco móviles como el fósforo
- Efecto sobre el rendimiento (variable según cultivo y condiciones ambientales)

Tabla 1.

Propiedades edáficas de interés en la caracterización de suelos a implantar con girasol.

- -Drenaje interno
- -Riesgo de erosión
- -Morfología del perfil
- -Horizontes y su profundidad
- -Estructura
- -Textura
- -Impedancias mecánicas y su profundidad (e.g. tosca, B2t)
- -Salinidad y sodicidad

- -Calicatas y pozos de observación (mapa básico de suelos)
- -Análisis de suelos

taxonómicas) y su proporción relativa en el espacio (unidades cartográficas). Esta información representa un inventario básico, para definir la capacidad de uso de los suelos y definir las prácticas agrícolas en los diferentes lotes y/o ambientes. Asimismo, en esquemas de manejo del cultivo por ambientes, las herramientas y criterios utilizados para diferenciar ambientes son diversos, tales como imágenes satelitales, mapas de rendimiento de varios años, mapas de elevación topográfica, mapas de napas, el % de arena de los suelos, entre otros.

La diferenciación de ambientes es especialmente interesante en zonas donde existe heterogeneidad ambiental marcada, y por consiguiente se evidencian diferencias contrastante en productividad del cultivo según el ambiente. Por ejemplo, es habitual que en la Pampa Arenosa se diferencien los ambientes de "lomas" (con menor productividad) de los de "bajos", incluyendo inclusive diferentes sub-categorías dentro de ellos dependiendo de la aptitud y calidad del suelo.

CONDICIÓN FÍSICA DEL SUELO

»Compactación

Se ha demostrado experimentalmente que los suelos manejados en siembra directa en la región pampeana sufren un proceso de endurecimiento (aumento de la resistencia mecánica), sin aumentos significativos en la densidad aparente. Esto se debería a la reconsolidación del suelo por la ausencia de remoción mecánica. Esta característica puede resultar una ventaja operativa para las operaciones de siembra y/o protección del cultivo, ya que mejora las condiciones de "piso" para efectuar las mismas.

La utilización de tractores y sembradoras de gran peso, como así también la cosecha sobre suelo húmedo, se consideran los principales causantes de la generación de procesos de compactación sub-superficial. La vulnerabilidad a sufrir procesos de compactación es mayor en suelos limosos (baja capacidad de regeneración estructural), degradados por el uso agrícola (e.g. bajos con-

En cuanto a los valores de resistencia mecánica que inciden en el crecimiento de las raíces, en general se considera que suelos con resistencias mecánicas superiores a 1,5-2 MPa afectan el crecimiento de las raíces y con valores superiores a 3 MPa, pueden detener el crecimiento radicular.

El manejo preventivo de la compactación se orienta hacia:

- Aumentar el aporte de MO (siembra directa con alta cobertura de rastrojos)
- Rotación con gramíneas (raíces en cabellera)
- Cultivos de cobertura (gramíneas y/o especies con raíz pivotante)



Medición a campo de la resistencia mecánica del suelo a través de un penetrómetro digital con datalogger.

4



CLAVES PARA MANEJAR

la fertilidad del suelo y la nutrición del girasol EN LA REGIÓN PAMPEANA

A pesar de la difícil coyuntura que está viviendo la cadena del girasol en el país, este cultivo constituye uno de los principales cultivos de verano de la Argentina y en algunas regiones y condiciones agro-ecológicas puede jugar un interesante rol en las rotaciones, ofreciendo diversificación productiva y comercial. Asimismo, el cultivo de girasol presenta un potencial de rendimiento muy superior al alcanzado en lotes de producción. La brecha entre los rendimientos obtenidos en lotes de producción y los potenciales se atribuye principalmente a las prácticas de manejo, ya que el potencial de los híbridos actuales es muy alto. El objetivo de este artículo es ofrecer algunas herramientas y criterios para optimizar la fertilidad del suelo y el manejo de la fertilización del cultivo de girasol en la Región Pampeana como base para reducir las brechas entre el rendimiento potencial y el logrado a campo.





• Control del tránsito vehicular, en especial en la cosecha

El impacto de la compactación sobre el rendimiento es un fenómeno complejo, ya que las variables físicas edáficas inciden de un modo indirecto sobre el rendimiento a través de cambios en la cantidad y/o disponibilidad de recursos como agua y/o nutrientes. Sin embargo, se han reportado recientemente incrementos significativos en el rendimiento de maíz y girasol con la aplicación de implementos de labranza profunda ("descompactadores") del tipo paratillo cultivie. Las mayores respuestas se han observado en años con disponibilidad hídrica media o baja, donde la reducción de la resistencia mecánica del suelo, mejora la exploración de raíces y la absorción de nutrientes. El uso de éste tipo de implementos puede ser una estrategia "paliativa" (corto plazo), para reducir la resistencia mecánica del suelo y lograr mejores condiciones para la implantación del cultivo. Estos implementos se deberían utilizar en el siguiente contexto: (i) hay evidencia de un proceso de compactación (diagnóstico), (ii) se espera una disponibilidad hídrica media o baja, (iii) no es posible por diferentes razones realizar una estrategia de mediano/ largo plazo para reducir la compactibilidad del suelo (e.g. campo alquilado, rotaciones con baja proporción de gramíneas, etc.).

En relación a la persistencia de la labor de descompactación, en general no se observan efectos sobre el rendimiento más allá del cultivo a implantar (baja o nula residualidad). Esto se debe a que el suelo, luego de la labor, queda con menor capacidad portante (debido a la reducción en su resistencia mecánica) y con ello queda más vulnerable a sufrir procesos de re-compactación.

IMPEDANCIAS MECÁNICAS

Existen diversas impedancias mecánicas que pueden afectar el desarrollo de las raíces del girasol, tanto a nivel superficial como sub-superficial. Los pisos de disco/arado constituyen el tipo más común de impedancia superficial. En cuanto a las impedancias sub-superficiales, las de mayor relevancia que pueden afectar la performance del cultivo de girasol son las capas arcillosas ("panes de arcilla, e.g. horizontes B2t") y la tosca.

»Panes de arcilla

Los horizontes B textural pueden constituir una impedancia mecánica cuando presentan un elevado contenido de arcillas (Arguidoles vérticos y Argiudoles típicos) en años con media a baja disponibilidad hídrica (donde aumenta la resistencia mecánica de estos horizontes). El efecto de estas capas se debe analizar a través de la observación del perfil, donde se evalúa la profundidad del horizonte, su espesor, estructura y contenido de arcilla (e.g. presencia de barnices de arcilla), entre otros. Asimismo, reducen la permeabilidad (percolación del agua del suelo) y en ocasiones, los problemas de drenaje pueden determinar anegamientos de intensidad variable. La incidencia de este tipo de impedancias sobre el crecimiento y productividad del cultivo se evalúa a través de diferentes elementos: espesor del horizonte, contenido de arcilla, síntomas de hidromorfismo (e.g. moteados, concreciones), etc.

»Suelos "Thapto"

Los "Thapto" son un caso muy especial de suelos poligenéticos, que presentan una limitante en el centro-oeste de Buenos Aires. Estos perfiles se caracterizan por tener dos suelos de diferente origen, uno superficial (correspondiente a un ciclo de edafización mas reciente) y otro profundo (correspondiente a un ciclo de edafización mas antiguo). Lo característico de estos suelos, es que, por debajo del suelo superficial (secuencia de horizontes, A-AC), aparece de un modo abrupto una capa arcillosa, que corresponde al horizonte B textural del suelo antiguo. Existen dos tipos básicos de suelos thapto, los Hapludoles thapto árgicos y los Hapludoles thapto nátricos. La diferencia radica en la presencia o no de sodio en cantidades elevadas (% de sodio intercambiable > 15%) en el horizonte arcilloso. Así, la profundi-

dad, espesor, contenido de arcilla y presencia o no de sodio en la capa arcillosa, tienen gran valor diagnóstico en la evaluación de suelos y en la capacidad de uso de los mismos. Cuando los mismos se ubican cerca de la superficie, pueden reducir el drenaje interno del suelo (permeabilidad) durante períodos húmedos y generar eventos de anegamiento de mayor o menor importancia según la ubicación del suelo en el paisaje, intensidad de lluvias, etc

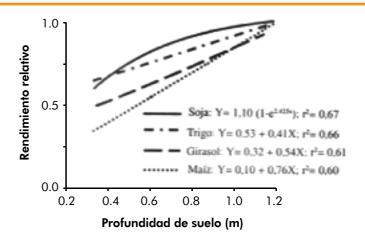
La presencia de sodio en las capas arcillosas, es aún más problemático ya que dispersa las arcillas, provocando reducciones aún mayores del drenaje, además de afectar de un modo directo el crecimiento de las raíces.

»Tosca

La tosca constituye una severa impedancia física para el crecimiento de las raíces, ya que las mismas no la pueden atravesar. Así, la profundidad de la tosca determina la profundidad efectiva del suelo. La tosca presenta una distribución geográfica extendida en diversas áreas girasoleras del sur de Buenos Aires y en la región semiárida pampeana, en especial en la denominada "Planicie sur con tosca", de la `provincia de La Pampa.

Figura 1.

Rendimiento relativo de trigo, maíz, soja y girasol en función de la profundidad de la tosca (Sadras & Calviño (2001)



Suelo con tosca a poca profundidad en la región de Tandil (Panigatti, 2010)



La tosca, al afectar la profundidad efectiva del suelo, reduce la cantidad de agua que el suelo puede almacenar y también reduce la absorción de nutrientes ("suelo enmacetado"). De acuerdo a ensayos realizados en el sudeste de Buenos Aires, cuando la



tosca se ubica a una profundidad mayor a 1,20 m, no limita el rendimiento de los cultivos. Por el contrario, cuando la tosca se ubica a una profundidad menor que 1,20 m hay un progresivo impacto sobre el rendimiento a medida que la profundidad se va haciendo menor. (Figura 1).

Como se puede observar en la Figura 1, el girasol y el maíz, son más sensibles al efecto de la reducción en la profundidad efectiva del suelo que la soja y el trigo.

Es importante mencionar que el efecto de la tosca no es uniforme a lo largo de los años. Hay una interacción fuerte con la disponibilidad hídrica. Así, en años húmedos las diferencias entre suelos con tosca (someros) y sin tosca (profundos) es menor que en años secos.

DISPONIBILIDAD HÍDRICA

El uso consuntivo de agua (requerimiento hídrico) del girasol con un rendimiento de 3500 kg/ha es de alrededor de 450 mm. Este requerimiento hídrico se debe cubrir a partir del agua almacenada en el perfil del suelo (evaluado a la siembra) y las precipitaciones del ciclo. El agua almacenada a la siembra depende del tipo de suelo (MO, textura), sistema de labranza (cobertura, bioporos), del cultivo antecesor y las lluvias previas a la siembra.

Una particularidad del cultivo de girasol es que en suelos sin impedancias físicas, tiene mayor velocidad de profundización de raíces que otros cultivos como soja o maíz. Este atributo puede resultar interesante en suelos en donde hay mayor disponibilidad de agua útil en profundidad, pero también puede ser un problema en suelos con tosca menor a 1,20 m en años secos, ya que el cultivo realiza un mayor consumo hídrico en períodos ontogénicos tempranos (período vegetativo), reduciendo la disponibilidad de agua para afrontar el período crítico que se ubica en floración y llenado de granos.

En la región semiárida pampeana, en el 50% de los años, las lluvias son menores o iguales a 290 mm y la probabilidad de ocurrencia de lluvias superiores a 450 mm es menor al 20%. Por ello, en esta región, el agua almacenada en el perfil (barbecho) resulta imprescindible para el logro de altos rendimientos.

En el sudeste de Buenos Aires, por presentar mayores precipitaciones (900-1000 mm) la dependencia del barbecho es menor. De todos modos, pueden ocurrir, deficiencias hídricas puntuales en períodos críticos para la determinación del rendimiento o restricciones hídricas de mayor o menor incidencia en el rendimiento en suelos someros (con tosca) dependiendo de la profundidad de la misma y la cantidad y distribución de las precipitaciones.

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES Y EFICIENCIA DE USO DE NUTRIENTES

Tabla 2.

Absorción total (primer valor) y extracción (entre paréntesis) de nitrógeno, fósforo y boro del girasol por tonelada de grano (IPNI, Cono Sur, 2007; Murrel, 2005).

	Nitrógeno	Fósforo	Boro	
Cultivo	Cultivo			
Girasol	40 (24)	5 (4)	165 (36)	
Soja	75 (55)	7 (6)	25 (8)	
Maíz	22 (15)	4(3)	20 (5)	

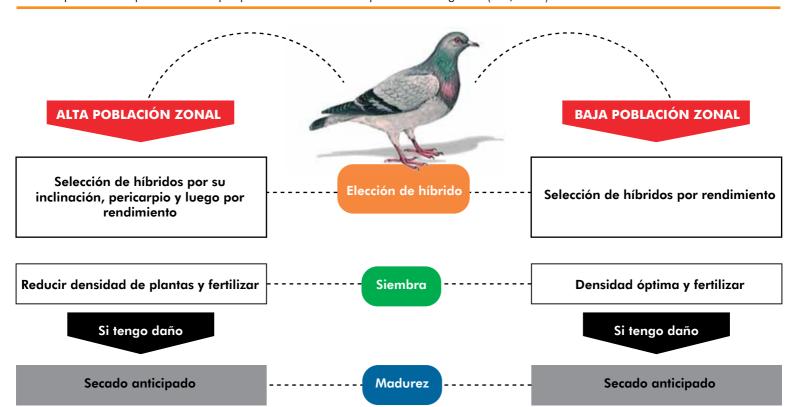
Los principales nutrientes que limitan el rendimiento en los sistemas de producción de la Argentina son el nitrógeno, fósforo, y con menor frecuencia, boro. Los requerimientos de fósforo son levemente mayores que el maíz, pero inferiores que soja. Asimismo, el girasol se caracteriza por su elevado requerimiento de nitrógeno (Tabla 2).

Debido a la composición del grano de girasol (alto contenido de materia grasa), la eficiencia agronómica de los nutrientes aplicados (incremento del rendimiento en grano por cada kg de nutriente aplicado) es significativamente menor que en los cereales. (sudeste y centro sur de Buenos Aires). Los autores observaron que, en ausencia de la fertilización, los rendimientos de girasol se vieron limitados en 25%, 10% y 14%, en las regiones norte, oeste y sur, respectivamente (rendimiento de testigos sin fertilizar=1448 kg/ha, 2621 kg/ha y 2462 kg/ha, respectivamente). Es decir, estos porcentajes indicarían lo que se "deja de ganar" en términos de mejora en el rendimiento por no incluir la fertilización con nitrógeno y fósforo en el plan de manejo del cultivo.

Es importante destacar también que en aquellos ambientes donde es posible generar incrementos en la productividad del cultivo (situaciones en donde la disponibilidad de agua y la calidad del

Figura 2.

Criterios para el manejo de los daños por palomas en sistemas de producción de girasol (Zuil, 2014).



¿CUÁL ES EL IMPACTO DE LA FERTILIZACIÓN SOBRE LA IMPLANTACIÓN Y RENDIMIENTO?

La fertilización combinada de nitrógeno y fósforo ha demostrado ser una práctica muy efectiva para mejorar la productividad del cultivo en sistemas de producción en siembra directa. La aplicación de nitrógeno, incrementa el área foliar y su duración durante el período post-floración, importante ya que permite una mayor actividad fotosintética, en estadios importantes para la determinación del rendimiento. En cuanto al fósforo, una adecuada disponibilidad temprana produce mayor crecimiento radicular y desarrollo vegetativo, aumentando la velocidad de implantación y establecimiento del cultivo. Esto es particularmente importante en lotes bajo siembra directa (donde la temperatura del suelo es más baja por la cobertura de rastrojos), aspecto que se hace más visible en fechas de siembra tempranas y/o con cultivo antecesor maíz.

En cuanto al impacto de la fertilización sobre el rendimiento del girasol, existe abundante bibliografía local que indica los beneficios de la fertilización combinada con nitrógeno y fósforo en diferentes regiones edafo-climáticas. Recientemente, Díaz Zorita & Caniglia (2010,) evaluaron diferentes tratamientos de fertilización con nitrógeno y fósforo en 80 sitios ubicados en lotes de producción de diferentes zonas: norte (Chaco, norte de Santa Fe y Entre Ríos), oeste (la Pampa, sur de Córdoba y San Luis) y sur

suelo lo permiten), la fertilización es una interesante herramienta a considerar en el manejo integrado de adversidades como el daño por palomas. Algunos trabajos recientes realizados por el INTA demuestran que existe una correlación negativa entre el rendimiento del cultivo y el porcentaje de daño por palomas.

Por consiguiente, el adecuado manejo de la densidad de siembra y de la fertilización de acuerdo a cada ambiente puede ser un factor a tener en cuenta en el manejo de esta difícil adversidad, que es una de las que más problemas están trayendo en algunas zonas de producción como en Región Semiárida Pampeana y Mesopotamia.

¿CÓMO MANEJAMOS LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA?

La disponibilidad de nitrógeno en el suelo en el momento de la siembra (análisis de suelo) se utiliza como herramienta de diagnóstico para evaluar la probabilidad de respuesta a la fertilización nitrogenada en el cultivo de girasol. En forma complementaria, también se ha propuesto en algunas regiones el análisis de nitratos en pecíolos en estadios vegetativos (V4-V6).

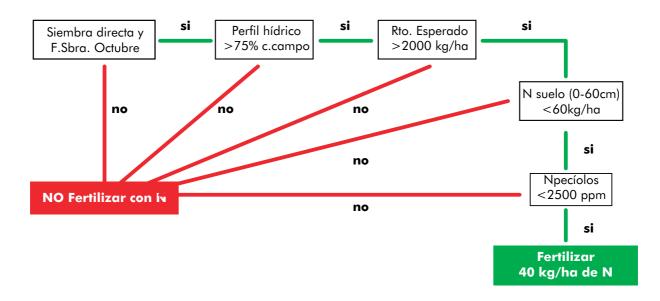
En la región girasolera del sur y sudeste de Buenos Aires se han propuesto límites críticos de 50-60 kg N/ha en forma de nitratos en el estrato de 0-60 cm para separar situaciones con alta o baja

8



Figura 3.

Modelo integrado de selección de lotes a fertilizar con N en la Pampa Arenosa (DZD Agro SRL,2010)



probabilidad de respuesta al agregado de nitrógeno. Las mayores eficiencias de uso del nitrógeno y respuestas económicas se logran con dosis en el rango de 30 y 60 kg N/ha. Dosis más elevadas, pueden reducir el contenido de materia grasa, además del rendimiento, debido a la mayor incidencia de enfermedades y/o vuelco. En la región semiárida y sub-húmeda pampeana, el contenido inicial de nitratos no siempre es un indicador de la probabilidad de respuesta a la fertilización nitrogenada. Esta región agro-ecológica se caracteriza por su gran variabilidad en tipos de suelos, contenidos de MO y cultivos antecesores, que pueden afectar la demanda y/o oferta de nitrógeno, reduciendo la posibilidad de detectar asociaciones significativas entre el rendimiento y el contenido de nitratos en el suelo en el momento de la siembra. Sin embargo, en la región de la Pampa Arenosa, recientemente se propuso un modelo integrado de selección de lotes a fertilizar con nitrógeno, donde en base a la evaluación de distintas variables (contenido de nitrógeno disponible en el suelo a la siembra, disponibilidad hídrica en el perfil, rendimiento esperado y el contenido de nitratos en pecíolos), se define una dosis de aplicación de 40 kg N/ha (Figura 3).

La fertilización nitrogenada se puede realizar a la siembra del cultivo y/o en estadios vegetativos tempranos. Como se mencionó antes, una adecuada nutrición nitrogenada en estadios ontogénicos tempranos mejora el establecimiento del cultivo y el desarrollo vegetativo inicial.

En el caso de fertilizar a la siembra y que la sembradora no separe el fertilizante de la semilla, se recomienda no superar dosis de 20-40 kg/ha de fertilizante (urea, CAN), para evitar los efectos fitotóxicos sobre la germinación y/o emergencia de plántulas.

Si se decide aplicar urea al voleo en pos-emergencia, las pérdidas por volatilización de amoníaco pueden ser elevadas, dependiendo de las condiciones (temperatura, humedad del suelo, dosis de aplicación). En general, con temperaturas mayores a 20°C, la tasa de pérdida aumenta significativamente. Por ello, en estas condiciones, se recomienda utilizar, o bien fertilizantes que no volatilicen (e.g. CAN) o tengan baja volatilización (e.g. UAN y/o mezclas de UAN con tiosulfato de amonio). Asimismo, en el caso de utilizar fertilizantes líquidos ("chorreado en entresurco"), se recomienda utilizar tubos de bajada para evitar el contacto del fertilizante con las plantas.

¿CÓMO MANEJAMOS LA FERTILIZACIÓN

FOSFATADA?

El contenido de fósforo (P Bray 1, 0-20 cm) es buen indicador del estatus de fósforo del suelo, fundamental para evaluar la probabilidad de respuesta a la fertilización con este nutriente en el cultivo de girasol. De acuerdo a un reciente análisis de información realizado por Gutierrez Boem (2012), a partir de 30 sitios experimentales (6 años) ubicados en el sector húmedo de la región pampeana, se observó que el rango medio de fósforo disponible en el suelo se ubicaría entre 9 a 13 ppm (P Bray 1, 0-20 cm). Por debajo de 9 ppm de P en el suelo se alcanza el 74% del rendimiento relativo, por encima de 13 ppm se logra el 92% del rendimiento relativo y dentro del rango medio el 82% del rendimiento relativo. En suelos con contenidos menores a 9 ppm es donde se lograría la mayor probabilidad de obtener respuestas a la fertilización fosfatada y en suelos con contenidos de fósforo disponible superiores a 13 ppm, las probabilidades de obtener respuestas significativas a la fertilización serían bajas. En otras regiones, como en la semiárida pampeana, si bien se ha observado un bajo grado de relación entre las respuestas a la fertilización fosfatada y la disponibilidad el fósforo en el suelo, la baja proporción de sitios con bajos contenidos de fósforo limita la posibilidad de detectar dichas relaciones, como así también la heterogeneidad en las propiedades edáficas en dicha región.

Existen diferentes sistemas de recomendación de fertilización fosfatada: (i) modelos de suficiencia o respuesta económica (donde se aplica una dosis baja, para cubrir la necesidad inmediata del cultivo), (ii) modelos de reposición (se aplica una dosis de fósforo equivalente a la extracción) y (iii) enriquecimiento y reposición (donde se aplican dosis de fósforo que permiten incrementar el contenido de fósforo disponible hasta el rango medio deseado y luego se cubre la remoción de fósforo de los cultivos). El tipo de criterio seleccionado depende de diferentes factores como el régimen de tenencia de la tierra (campo propio, arrendamiento), criterios técnicos y empresariales, etc.

La fertilización fosfatada en general se realiza a la siembra del cultivo, por debajo y al costado de la línea de siembra, para evitar efectos fitotóxicos en las semillas y/o la emergencia de las plántulas. La fertilización fosfatada cerca de la línea de siembra (ya sea por debajo y/o por debajo y al costado, según sembradora), es muy importante en girasoles sembrados en fechas tempranas, en lotes manejados en siembra directa. Como se mencionó antes, se mejora la velocidad de implantación y la uniformidad del



stand de plántulas establecidas.

En cuanto a las fuentes de fósforo, no son esperables diferencias en efectividad (respuesta) entre fertilizantes solubles (MAP, DAP, superfosfatos), a igual dosis de aplicación de fósforo.

¿QUÉ MICRONUTRIENTES CONSIDERAR EN LOS PROGRAMAMOS DE FERTILIZACIÓN?

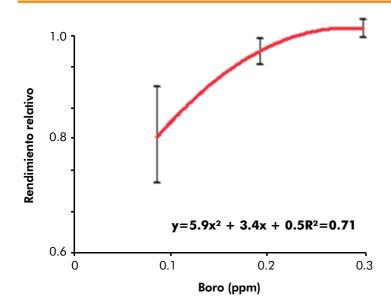
La información disponible sobre diagnóstico de boro (B) en los sistemas de producción de girasol en Argentina es muy escasa. Para la región de de la Pampa Arensoa, donde se ha realizado la mayor parte de la experimentación en las últimas décadas, se ha reportado que la probabilidad de respuesta al agregado de boro aumenta en suelos de textura arenosa, bajos contenidos de MO y en años relativamente secos. En esta misma zona, se ha observado una relación entre el rendimiento relativo del girasol y el contenido de boro disponible en el suelo a la siembra (Figura 4).

CONCLUSIONES

- El adecuado manejo de la fertilidad del suelo y de la fertilización del girasol pueden constituir herramientas de gran efectividad para aumentar los rendimientos en lotes de producción, reduciendo las brechas entre éste rendimiento y el rendimiento potencial del cultivo en la zona de producción.
- El adecuado conocimiento del suelo y de sus limitaciones permanentes o variables resulta fundamental para planificar el manejo del cultivo y ajustar los planteos a cada ambiente. Así es importante conocer la aptitud de uso del suelo, y limitaciones de fertilidad que pudieran presentarse como compactación, presencia de tosca, profundidad del horizonte II B2t en suelos "Thaptos" (ya sean de carácter nátrico o árgico).
- Para las condicione de la Región Pampeana, los principales nutrientes que limitan la productividad del girasol son el nitrógeno y fósforo, mientras que las respuestas a B se han reportado principalmente en la Pampa Arenosa. La fertilización incide tanto en la calidad de la implantación y establecimiento del cultivo, como así también sobre la generación del rendimiento. Asimismo, se destaca el importante rol de la fertilización integrada a la definición de la estructura del cultivo (selección del híbrido, fecha de siembra y densidad) como herramientas del manejo del daño por palomas en zonas con diferentes niveles poblacionales de la plaga.

Figura 4.

Rendimiento del girasol en función del contenido de boro disponible (0-20 cm) (Duarte & Díaz Zorita, 2002).







CONTRATISTAS RURALES A la cosecha

pero con tarifas adecuadas



EDICIÓN Nº170

INFORMES ESPECIALES: OTRAS SECCIONES SUSCEIPCIÓN Y PUBLICIDAD











Sabemos lo que necesita. Hablemos.

Toda maleza tiene un limite

Ni tolerantes ni resistentes







Con la sangre de Aapresid



VER MÁS









Barbechos, etapa clave que define



VER MAS

Pergamino controlarà fumigaciones en zonas periurbanas del Partido



El municipio bonaerense, informó que formará un equipo especial para controli con un tiempo de anticipación, las cond...

Buscando la mejor calidad en



Es necesario reconocer las acciones óptimas para obtener una alfaifa de alta producción con gran calidad de forraje. De ...

VER MÁS

Granos y Cerdos. Actividades



Para tener un pequeño criadero de cerdos es Tundamental producir el propio alin Este es el caso de dos productores.

VER MÁS

Hacia sistemas ganaderos de

precisión con valor agregado

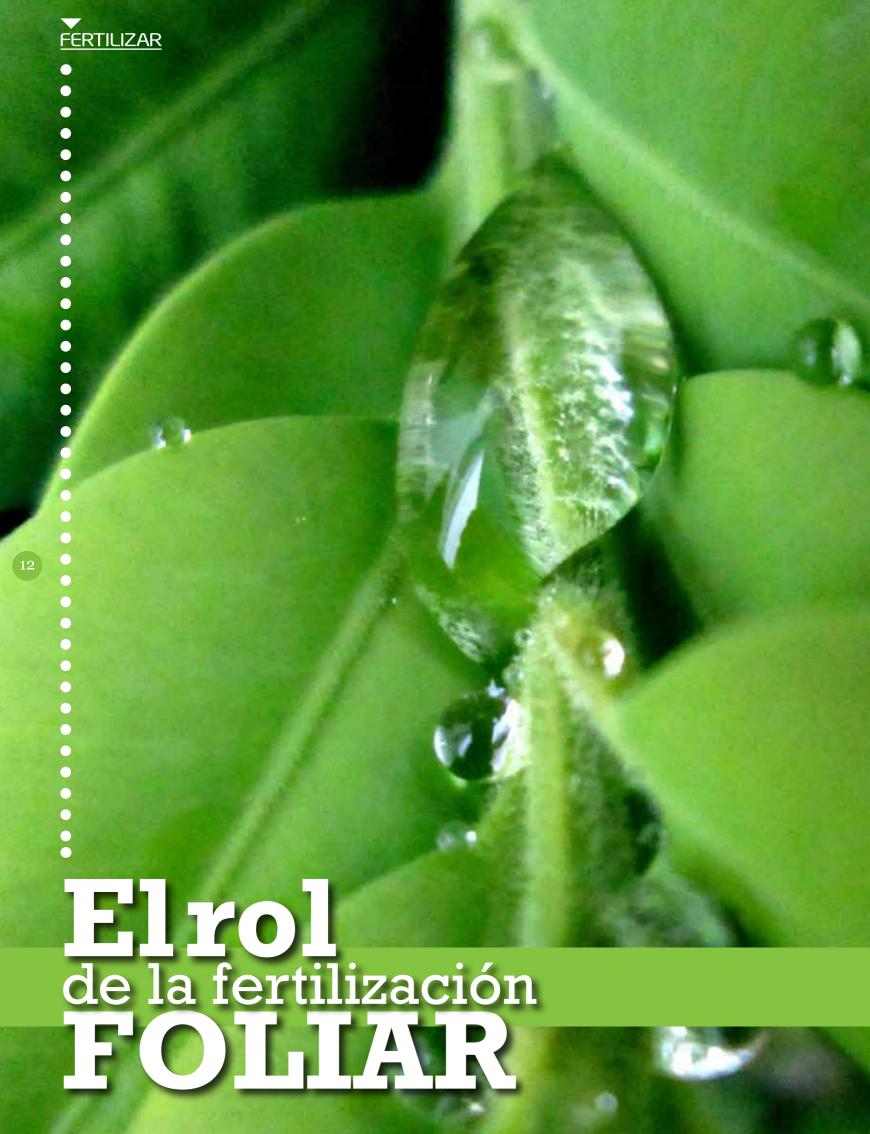


En el marco de una positiva transformación de los sistemas productivos argentinos, el INTA organizó en la localidad cordobesa de Manfredi.

VER MÁS

Conectate a la información

www.nuevoabcrural.com.ar





Visita de especialista internacional en la temática

Dr. Patrick Brown. (Dept. Plant Sciences Universidad de California, Davis)

A mediados de octubre, Fertilizar y el INTA realizaron dos jornadas técnicas -en Pergamino y Mendoza- sobre fertilización foliar, de las que participaron técnicos argentinos y el especialista estadounidense Dr. Patrick Brown del Departamento de Ciencias de las Plantas de la Universidad de California, Davis, Estados Unidos.

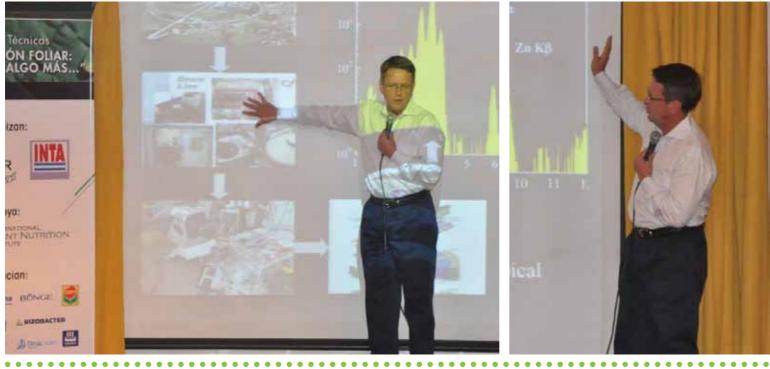
En ambos encuentros, Brown destacó "que los fertilizantes foliares son ampliamente usados para mejorar tanto la productividad como la calidad de los cultivos y que -en aquellos de alto valor- un porcentaje significativo del dinero invertido en fertilización corresponde a fertilizantes foliares". Y explicó que se los utiliza para superar limitantes de suelo que restringen la solubilidad o movilidad de los nutrientes y para corregir eventuales deficiencias de corto plazo. Y también, en momentos de alta demanda de nutrientes, actividad radicular o transporte comprometido dentro de la planta, durante períodos de mucho crecimiento, con crecimiento radicular restringido o durante estadios críticos de desarrollo.

Al respecto mencionó que es importante conocer las características de solubilidad de los nutrientes en un suelo, determinada por su pH y su mineralogía y que la demanda localizada de nutrientes puede exceder la capacidad de absorción y transporte, aún en suelos bien fertilizados.

Mencionó que son desafíos actuales para la investigación sobre el tema determinar cómo medir y graficar la distribución de nutrientes y las concentraciones a nivel celular y de los órganos de las plantas, mejorando el entendimiento de las bases fisiológicas para el uso de fertilizantes foliares y de los mecanismos de transporte de nutrientes a través de las superficies de la hoja.

Citó los ejemplos de deficiencias en Zn en arroz y durazno, de boro en trigo en floración, de hierro en maíz y pimiento, de molibdeno en uvas y destacó que las deficiencias de manganeso pueden limitar la respuesta de los cultivos al nitrógeno. Por eso, optimizar el uso de este importante nutriente requiere identificar y mejorar todos los factores de producción, como el uso e incidencia de los micronutrientes.

















Brown justificó, desde el punto de vista biológico, el uso de los fertilizantes foliares como herramientas para superar las limitantes del suelo -que restringen la solubilidad o movilidad de los nutrientes- y corregir deficiencias transitorias o de corto plazo de determinado elemento. No obstante estos argumentos a favor, aclaró que su uso está limitado por la cantidad de nutrientes que puede ser aplicada con esta técnica, determinada por la incerteza de las interacciones ambientales que influyen sobre su efectividad y porque la movilidad de los elementos hacen que los resultados de su aplicación sean diferentes.

En tanto, sobre su justificación económica dijo que "la relación costo-beneficio aún requiere medir la eficacia y consistencia de su aplicación". Y respecto de la decisión de utilizarla advirtió que "para diagnosticar un tratamiento de fertilización foliar se requiere entender de fisiología vegetal (cómo entran los nutrientes a la hoja), evaluar qué factores químicos y biológicos influyen en su eficacia, la consistencia y oportunidad de la aplicación, cómo son efectivamente transportados y utilizados los nutrientes y a

partir de allí, cómo mejoran la productividad". También, como factores que afectan la respuesta a la fertilización foliar citó a los ambientales, biológicos y fisiológicos.

Finalmente, Brown mencionó puntos clave a tener en cuenta para aplicar fertilización foliar tales como: comprender por qué podría necesitarse un tratamiento de este tipo, las limitaciones de suelo y de raíces, la demanda de nutrientes, la fenología de la planta, el ambiente y la movilidad de los nutrientes. También dijo que "hay que prestar atención a los estadios realmente críticos de desarrollo del cultivo como floración, maduración y desarrollo de brote, y que deben usarse productos que tengan algún desarrollo técnico de respaldo y hayan sido bien evaluados en experiencias anteriores".

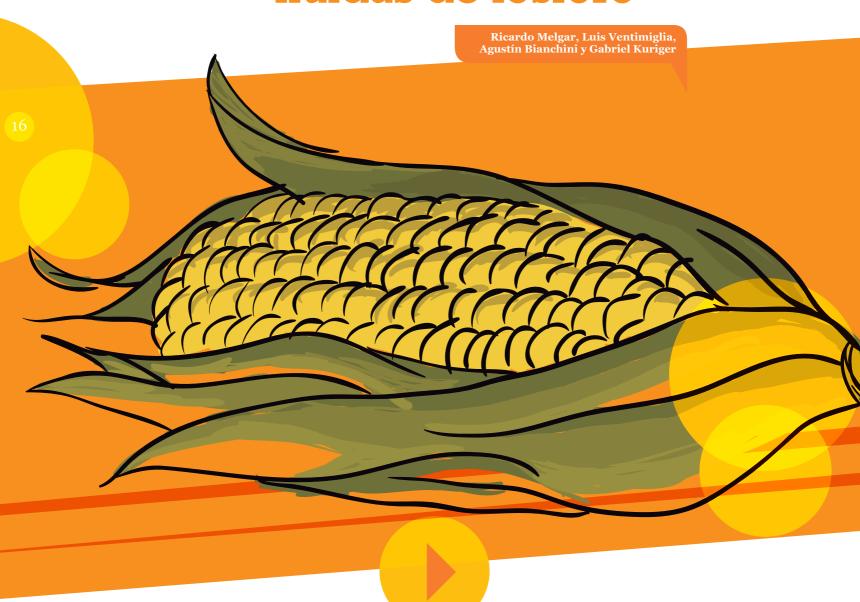
Las jornadas en las que disertó Brown fueron apoyadas por el IPNI Cono Sur y contaron con el auspicio de Bunge, Compo, Produquímica, Rizobacter, Spraytec, Stoller, Timac, Yara, ALS, Laboratorios Degser y Agrosuma.





FERTILIZACIÓN

DEL IVIAIZ con formulaciones fluidas de fósforo





En los últimos años el mercado se ha visto ofertado con formulaciones liquidas de fósforos de origen nacional e importado. Estas pueden ser de dos clases; polifosfatos u ortofosfatos, siendo los primeros de origen importado, ya que la tecnología para producirlo es más compleja.

La producción nacional entonces, presenta al productor, soluciones de fosforo (P)con proporciones variables de Nitrógeno (N) y de Azufre (S), en general de reacción acida y con muy buena aptitud física, es decir son miscibles 100 % con soluciones nitrogenadas o aptas para uso directo aplicado al suelo incorporado o chorreado inyectado directamente en los sistemas de Fertirrigación.

La abundante experiencia en América del Norte con el uso de las formulaciones fluidas de fosforo indican que son equivalentes a las sólidas granuladas, pro con las ventajas operativas de los líquidos, es decir gran capacidad de trabajo, mayor precisión en las dosificación, y según la colocación asignada, gran eficiencia de uso.

Estos trabajos que se presentan a continuación son apenas una fracción de las muchas evaluaciones que han sido realizado por distintos grupos de trabajo con distintas formulaciones comerciales en los últimos tres o cuatro años, y su propósito no es solamente validar la tecnología (mostrando la equivalencia con los productos sólidos), sino además evaluar el efecto de distinto manejos de la colocación del fertilizantes en combinación con

tratamientos de herbicidas, sobre el rendimiento de maíz y trigo.

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo un ensayo con maíz en tres localidades: 1) Inriville, Marcos Juárez, Córdoba, 2) Pergamino, Buenos Aires y 3) Nueve de Julio, Buenos Aires. Los valores de P-Bray en el suelo fueron de 13, 4 y 3 ppm respectivamente.

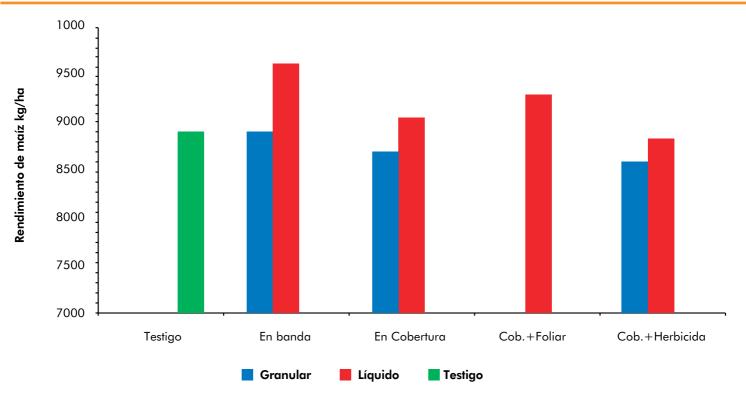
Se evaluaron siete tratamientos con igual dosis de fosforo y azufre pero aplicado de distintas fuentes y formas de colocación, más un testigo sin P, en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las fuentes fueron una formulación fluida de fosforo y azufre a base de ortofosfato (6-20-0-4S) y MAP Granular (11-52-0). Las dosis aplicadas de fosforo como P2O5 y de azufre (S) fueron 21 y 9 kg /ha respectivamente; en cambio, la dosis de N aplicada varió según la fuente fuera sólida o líquida, 4 y 6 kg de N/ha respectivamente.

Las formas de aplicación fueron (según la fuente del fertilizantes sólida o fluida), incorporado en bandas, al voleo/chorreado en cobertura, con Atrazina incorporada en bandas y al voleo/chorreado en cobertura y aplicación dividida de un 20 % de la dosis de forma foliar y el restante 80% incorporado en bandas.

Los fertilizantes se aplicaron a la siembra mecánicamente en la línea de siembra, excepto en el tratamiento donde la dosis se aplicó dividida y parte del fosforo se aplicó por vía foliar con una formulación liquida de MAP, equivalente a 21 l/ha sin diluir.

Figura 1.

Resumen del efecto de los tratamientos de fertilización promedio de todos los sitios.



En cada sitio el control de malezas fue realizado con aplicaciones de herbicidas en el barbecho con glifosato y otros ingredientes activos; pero en todos se incluyó la aplicación de 4 l/ha de Atrazina al 60% en post-emergencia (V3-V4), menos a los tratamientos en los que el herbicida se diluyo en el fertilizante fluido o se impregnó en el granulado (Tabla 1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación foliar del fertilizante fluido no produjo quemado alguno en ningún sitio. En general se observan diferencias importantes entre las localidades, con máximos en Nueve de Julio y mínimos en Pergamino (Tabla 1).

Con respecto a los tratamientos se observó una tendencia sostenida a mayores rendimientos con las aplicaciones en bandas respecto de las aplicaciones al voleo en cobertura total, tanto con la formulación liquida como granular en todos los sitios (Figura 1).

También se observaron diferencias aunque no significativas estadísticamente, entre las fuentes liquidas y sólidas, en las dos formas de aplicación, en bandas o al voleo (Figura 1). La eficiencia promedio por unidad de fosforo fue de -6 y 20 kg de maíz/kg de P2O5 para las fuentes sólidas y fluidas respectivamente,

promediando las dos formas de aplicación (Tabla 2).

Las aplicaciones con herbicidas no tuvieron diferencias significativas consistentes con las aplicaciones sin herbicidas, excepto en Pergamino, donde el maíz rindió menos. No obstante se logró un excelente control de malezas en todos los sitios.

Asimismo, no hubo diferencias importantes de rendimiento con la partición de la dosis entre un 80 % al suelo en cobertura total y 20 % como foliar, excepto en Nueve de Julio, que rindió significativamente más.

CONSIDERACIONES FINALES

Según esta experiencias las fuentes liquidas fueron de eficiencia superior a las fuentes sólidas, aunque no significativas estadísticamente, a igual dosis de fosfato aplicado.

Surgen también como viables la aplicación de estos fertilizantes fluidos como 'carrier's de herbicidas. En esta evaluación la Atrazina no perdió eficiencia y podría aplicarse conjuntamente con los fertilizantes fluidos. Sería interesante evaluar la viabilidad de la práctica con otros herbicidas, tales como el glifosato u otros post-emergentes de aplicación al suelo para ampliar la base de recomendaciones.

18

Tabla 1.

Resultados obtenidos, con las distintas fuentes y dosis de fosforo aplicado, en el rendimiento de maíz en cada localidad.

Fuente	Modo de aplicación	Inriville	9 de Julio	Pergamino
Testigo		9.394	10.184	7.206
Granular	En banda	9.795	11.695	5.281
Liquido	En banda	9.136	11.659	8.071
Granular	En cobertura	8.269	11.342	6.421
Liquido	En cobertura	9.557	11.657	5.966
Granular	En cobertura + herbicida	9.867	11.350	4.598
Liquido	En cobertura + herbicida	9.241	11.265	6.063
Liquido	En cobertura + foliar	9.272	12.195	6.384
Pr > F		0,54	0,005	0,05
LSD 5%		757	844	2.027
CV %		14	5	22

Tabla 1.

Promedio de eficiencia de uso del fosforo en los tres sitios con las fuentes sólidas y liquidas en las dos formas de colocación.

	Modo de aplicación			
	En Bandas Al Voleo			
	kg maíz/kg P2O5			
Solido	0	- 12		
Liquid	33	6		

Según esta experiencias las fuentes liquidas fueron de eficiencia superior a las fuentes sólidas, aunque no significativas estadísticamente, a igual dosis de fosfato aplicado.

LA MEJOR COMBINACIÓN PARA LLEGAR AL HOMBRE DE CAMPO



TodoAgro

LA LECTURA DEL SECTOR EN EL CENTRO DEL PAÍS

Reflejo de la producción agropecuaria argentina.

Periódico quincenal que incluye noticias de actualidad, cobertura de eventos e informes especiales; en 24 páginas y todo color.

15.000 ejemplares por edición



TodoAgro.com.ar

EL PORTAL LÍDER DE AGRONOTICIAS EN ARGENTINA

El sitio web donde la comunidad agropecuaria se informa cada día.

Noticias de agricultura, lechería, agromáquinas, ganadería bovina, porcina y mucho

Envió de boletines informativos, propios y de terceros.

Más de 147.000 suscriptores



TodoAgro 🕡

CALIDAD DE INFORMACIÓN EN MEDIA HORA DE PROGRAMACIÓN

Se transmite cada semana en las localidades más importantes del centro agropecuario de Córdoba, y para diversos puntos del país por la Red Intercable. También a través de Internet.

3 años y más de 150 programas emitidos



TodoAgro Eventos

PASIÓN POR HACERLO BIEN

La realización de eventos para el sector requiere coordinación y experiencia, pero también vocación, un ingrediente esencial en nuestros recursos humanos para obtener los mejores resultados. Nos especializamos en la realización de jornadas de capacitación para el sector.

23.000 personas se capacitaron entre 2007 y 2013



TodoAgro es un grupo de comunicación que desde hace 15 años interactúa con el universo agropecuario argentino. Su central está en Villa María, provincia de Córdoba.

Belgrano 427 • Tel.: (0353) 4536239 / 4613068 / Cel.: (0353) 154196618 • E-mail: todoagro@todoagro.com.ar



LA HERRAMIENTA PARA LLEGAR + LEJOS

Diseñamos la campaña a tu medida

Envíos a nuestras bases de datos, con el costo mas bajo y el resultado mas efectivo del mercado

Reportes de cada campaña garantizan la transparencia y miden la efectividad de cada acción

CONTACTANOS PARA SABER MÁS ACERCA DE NUESTROS SERVICIOS

info@horizonteadigital.com

Novedades DEL CONGRESO MUNDIAL DE FERTILIZANTES

A fines de Octubre tuvo lugar en Rio de Janeiro el 16º Congreso Internacional de fertilizantes, que reunión más de 500 delegaos de 38 países. Como se esperaba se dio la oportunidad de tomar contacto con algunas tendencias de actualidad acerca de innovaciones en fertilizantes y nutrición de plantas presentados por la investigación y desarrollo de la industria. Todos los programas, presentaciones y actuaciones están disponibles en el sitio web del Congreso: (http://www.16wfc.com/program; http://www.16wfc.com/proceedings; http://www.16wfc.com/presentations). En este artículo evaluaremos los principales puntos de interés mostrados en las exposiciones orales y en las sesiones de posters.

Se presentaron pocos avances con potencial de cambios económicos significativos en el uso actual de fertilizantes. Sin embargo, los avances en los trabajos de investigación son bastante reveladores de las tendencias buscadas por el mundo científico y tecnológico. Aparte de algunas presentaciones con claro apoyo comercial, las innovaciones se pueden agrupar en:

- 1) Fertilizantes de liberación controlada.
- 2) Nanotecnologías aplicada a la industria de fertilizantes.
- 3) Los recursos minerales no convencionales como fertilizantes.
- 4) Bioestimulantes, incluidas las sustancias húmicas y orgánicos derivados de fertilizantes foliares.

Por otra parte, muchos enfoques innovadores ya conocidos se abordaron como funcionales a los ambientes tropicales, por ejemplo los fertilizantes recubiertos de liberación lenta, fosfatos de roca o azufre elemental.

1.FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA

Algunas de las innovaciones que realizan los investigadores para el desarrollo de nuevos fertilizante fueron presentadas por el Dr. Mike McLaughlin del Centro de Investigación de Tecnología de Fertilizantes de la Universidad de Adelaida, Australia. (www.16wfc.com/images/fertilizer/downloads/palestras/palestrao3.pdf). El Dr. McLaughlin presentó su novedoso método para medir rápidamente la liberación real de fosforo al suelo, muy útil para evaluar nuevos polímeros que recubren fertilizantes a base de este elemento, en distintos tipos de suelos¹. Además, presento resultados desalentadores acerca de los intentos de "acomplejar" los complejantes del P del suelo (Fe, Al, Ca) usando tecnologías de recubrimiento con polímeros, excepto para suelos calcáreos, en donde los fertilizantes fluidos tiene definitivamente una mejor performance que los sólidos.

Otras estrategias propuestas para mejorar la eficiencia de uso de los fertilizantes fosfatados es el agregado de compuestos que interfieren con las uniones Ca-P en los suelos neutros/calcáreos. El agregado de grupos funcionales que acomplejan los iones ortofosfato y los hagan más difusibles a través de los poros del suelo.

McLaughlin anticipó sus trabajos realizados para la industria

sobre co-granulación de fosfatos con boro². Esta tecnología, protegida por patentes y confidencialidad comercial, sintetiza compuestos de boro con fosfatos a partir de los ácidos bórico y fosfórico calentados por 24 hs a temperaturas entre 500 y 800°C. Dada su lenta disolución, los compuestos BPO4 tendrían potencial para suministrar continuamente B a los cultivos en ambientes donde la lixiviación del B es una limitante para los cultivos. Los compuestos tiene así un potencial para co-granularse con el fosfato monoamónico para producir gránulos de liberación lenta enriquecidos con B.

Otras importantes contribuciones a este tema fueron indicados por el Dr. Ithamar Prada Neto de la empresa Produquímica www.16wfc.com/images/fertilizer/downloads/palestras/palestrao6.pdf . Las conocidas limitaciones para sincronizar la liberación de los nutrientes de los fertilizantes con la demanda de éstos por los cultivos fueron abordadas describiendo las tecnologías desarrolladas por su empresa a partir del recubrimiento con azufre de los fertilizantes convencionales y la urea en particular.

2.NANOTECNOLOGÍAS

Un excelente estado del arte sobre este tema fue presentado por el Dr. Christian Dimkpa, del Centro de Investigación Virtual de Fertilizantes en Washington DC, (www.16wfc.com/images/fertilizer/downloads/palestras/palestrao2.pdf).

Las nanotecnologías son tecnologías que se dedican al diseño y manipulación de la materia a nivel de átomos o moléculas, en este caso con fines industriales o específicamente de la nutrición de las plantas. Los trabajos más comunes se han llevado a cabo con nano partículas metálicas (nano materiales) con Zinc y otros micronutrientes. Los estudios apuntaron a los efectos de las nanos partículas en el crecimiento de las plantas así como estrategias para la absorción de nutrientes a partir de nano materiales. La alta reactividad de los nano materiales está relacionado con su pequeño tamaño y, por lo tanto, poseen una gran superficie especifica que les confiere atributos superiores sobre aquellas partículas de mayor tamaño de química similar. Por ejemplo, nano partículas de óxido de zinc actualmente se usan en una gran cantidad de productos de cuidado personal tales como protectores solares, cosméticos, textiles, pinturas, recubrimientos industriales, células solares sensibilizadas por colorante, agentes antibacterianos y óptica y materiales electrónicos. Las propiedades magnéticas de los óxidos de hierro son explotados a escala de nanotecnología para mejorar la remediación ambiental de contaminantes orgánicos e inorgánicos. Se estima que se venden actualmente más de 50 mil millones de dólares de productos nanotecnológicos a nivel mundial, con recientes proyecciones de que alrededor de 1300 productos, incluidos los utilizados en agricultura y productos relacionados con los alimentos, con un valor de U\$S 2,9 trillones, están actualmente en el mercado. De las estrategias para usar esta tecnología para mejorar la efi-

De las estrategias para usar esta tecnología para mejorar la eficiencia de uso de nutrientes en los fertilizantes se elaboran dos caminos: suspensiones (en líquidos) de nano partículas de nutrientes ("nano fertilizantes") y encapsulación de nutrientes en



nano polímeros ("nano- fertilizantes habilitantes"). Estas estrategias pueden generar liberación de nutrientes a partir de nano partículas y absorción por las plantas o absorción directa de nano polímeros intactos por las plantas.

Quizás lo más avanzado sobre este tema, fue la presentación de ejemplos de trabajos diseñados para obtener fertilizantes "inteligentes" nano-habilitantes, cuyo objetivo es el desarrollo de plataformas de liberación eficiente de nutrientes basados en la nanotecnología, cuyo principal investigador es el Dr. Carlos Monreal de la AAFC de Canadá. Estos fertilizantes "inteligentes" tienen cuatro componentes: a) señales químicas identificadoras (exudados de la raíz), b) adaptámeros de diseño (ácidos nucleicos sintéticos que se acoplan a bio-moléculas específicas o biosensores), c) polímeros que varían su permeabilidad funcional y d) nano-cobertura del polímero a los gránulos de fertilizantes. Como ejemplo se plantea un modelo donde la planta deficiente en un nutriente estimula la producción y emisión de exudados específicos, éstos habilitan un "biosensor" a que están incorporados a un film de nano polímero. La interacción del "biosensor" con el exudado específico produce cambios en la permeabilidad del film de nano polímero y provoca la liberación del N de la urea de acuerdo a la demanda de la planta.

3.BIOESTIMULANTES

Muchos trabajos fueron presentados bajo este término, que aún suscita vaguedades y descalificaciones por parte de la comunidad científica. Los más importantes y abarcadores fueron las presentaciones del Dr. Daniel Zandonadi de EMBRAPA (www.16wfc. com/images/fertilizer/downloads/palestras/palestra20.pdf,) así como las de la Dra. Serenella Nardi de la Universidad de Padua, Italia (www.16wfc.com/images/fertilizer/downloads/palestras/palestra11.pdf)

Los bioestimulantes para plantas son sustancias diversas, que incluyen microorganismos, utilizadas para mejorar el crecimiento y la respuesta a estrés de los cultivos. Se prevé que el mercado mundial de bioestimulantes aumente un 12% por año y llegue a más de U\$S 2,2 mil millones en 2018, hoy ya en U\$S 3 millones en Europa solamente. A pesar del creciente uso de bioestimulantes en la agricultura, muchos referentes de la comunidad científica consideran que los bioestimulantes carecen de una apropiada evaluación científica autorizada por pares. Ya mucho antes del descubrimiento de las hormonas auxinas, sustancias orgánicas exógenas ya estaban descritas como un complemento de los nutrientes minerales. En general se describieron las definiciones emergentes de los bioestimulantes y se mostraron ejemplos de trabajos agrupados en cinco grandes

Biosensor with polymer layers
(10 to 100 nm)

Root signal

categorías de bioestimulantes: a) inoculantes microbianos, b) ácidos húmicos y fúlvicos, c) hidrolizados de proteínas y aminoácidos, y d) extractos de algas marinas.

El gran número de publicaciones citadas para cada categoría de bioestimulantes demuestra que hay una creciente evidencia científica que apoya el uso de bioestimulantes como insumos agrícolas en diversas especies de plantas. La literatura citada también revela algunos puntos comunes en las respuestas de las plantas a diferentes bioestimulantes, como el aumento del crecimiento de la raíz, el aumento de la absorción de nutrientes, y la tolerancia al estrés.

4.RECURSOS MINERALES PARA FERTILIZANTES

Los minerales para la agricultura son un tema de interés desde hace tiempo y es la interface tecnológica de las ciencias de los minerales con las agronómicas. La presentación estrella de este tema estuvo a cargo del Dr. Peter van Straaten autor de la famosa obra Rocks for Crops (www.16wfc.com/images/fertilizer/downloads/palestras/palestra14.pdf). Los minerales con un mínimo beneficio agrícola que se inscriben en esta temática son las rocas fosfóricas, yesos, cales y dolomitas. Esta es la base del aporte de nutrientes de la agricultura orgánica, y una gran cantidad de trabajos fueron presentados sobre este tema.

En esta línea, las rocas fosfóricas para uso directo en suelos ácidos tropicales tienen ganado su lugar definitivo y alternativo al uso de fertilizantes fosfatados convencionales solubilizados. Sobre este tema se recomiendan tres presentaciones de gran nivel, una del Dr. Djalma Martinhão de Sousa (Reactive phosphate use in Cerrado soils) y otra del Dr. S.H. (Norman) Chien (The efficiency of natural phosphates in tropical agriculture).

En esta temática, se plantea el uso de fertilizantes potásicos a partir de otros minerales diferentes de la clásica Silvita o cloruro de potasio, o MOP. En este caso, feldespatos potásicos o genéricamente minerales que poseen K. Si bien los contenidos promedios de K son bastante más bajos que el KCl o MOP, se plantearon tecnologías para enriquecer el contenido de nutrientes por distintos caminos, lo que aumentaría su valor como fertilizantes haciendo posible su uso en suelos muy deficientes, como los de regiones del Cerrado brasileño.

Como complemento en este tema, el uso de arcillas de alta actividad, las más comunes son las Zeolitas, incorporadas como coadyuvantes para mejorar la eficiencia de los nutrientes. Se presentaron resultados de fertilizantes a base de Zeolitas enriquecidos con amonio, que resultan en un abono nitrogenado de liberación controlada.

Finalmente, en los resúmenes expandidos de 89 trabajos presentados, agrupados en doce secciones, pueden encontrarse en los 'proceedings' los más variados temas sobre recuperación de nutrientes de residuos orgánicos, fertilizantes derivados de productos orgánicos, impacto ambiental, políticas y legislación así como rutas alternativas de producción y caracterización de fertilizantes. Para los lectores interesados hay suficiente material de lectura y estímulo para aplicar a su trabajo cotidiano.



_ 22





Este número compartimos una entrevista con el **Ing. Angel Berardo, Presidente Honorario de FERTILIZAR**. En la actualidad, y desde 1980, **es Director Técnico de FERTILAB** complementando esta actividad con trabajos de asesoría y consultoría en el área de fertilidad de suelos.

Angel ha sido pionero en el desarrollo de investigaciones de fertilidad y manejo de suelos en campos de productores y ha sido formador científico y técnico de numerosas generaciones de agrónomos. Su aporte a su patria adoptiva, como inmigrante, ha dejado un legado de valor inestimable para el manejo y uso de nuestro recurso suelo y el bienestar de la sociedad.

Periodista (P): ¿Cómo fueron sus comienzos en el rubro?

Angel Berardo (AB): La profesión de agronomía prácticamente no existía en la década del 60, ya que el INTA, que fue fundamental para su desarrollo, recién se había fundado. Personalmente tuve la suerte de empezar a trabajar en suelos, siendo todavía estudiante. Los primeros trabajos fueron en reconocimiento y mapeo de suelo que en toda mi actividad me resultaron extremadamente útiles, ya que permiten interpretar mejor los resultados de respuestas a las prácticas de manejo y a los fertilizantes en los distintos cultivos y pasturas.

En esa época (1965 a 1980) participé en la ejecución de los primeros ensayos de fertilización en trigo, papa, maíz y pasturas. El único cultivo que se fertilizaba era la papa con fosfato diamónico sin mayores fundamentos técnicos. Después de unos años se empezó a fertilizar el trigo, con pequeñas dosis de diamónico en el sur y de urea en la zona de Marcos Juárez, en la medida que se obtenían los primeros resultados experimentales en este cultivo. Lo mismo ocurrió con la fertilización fosfatada en pastura dentro del proyecto Balcarce de desarrollo ganadero.

P: ¿Qué lo hizo elegir una carrera universitaria, ya que en esos tiempos era poca la gente que estudiaba en la Universidad y por qué se decidió por la agronomía?

AB: Llegué a la Argentina en 1959, con la idea de regresar a Italia donde había iniciado los estudios de abogacía en Roma. Mientras planificaba el regreso a Italia, en contra de la voluntad de mis padres, un día estando en la playa en Mar del Plata, leí en el diario que el Obispado tenía proyectado abrir una Facultad de Agronomía. Como resultado terminé siendo el primer inscripto y primer grupo de egresados de la Facultad de Agronomía de Balcarce, donde participé en la docencia y en la investigación durante más de 40 años.

La elección de esta carrera fue casi de casualidad pero no así la del área de trabajo, ya que desde el inicio, tal vez por intuición y a partir de empezar una serie de observaciones a campo, empecé a trabajar en aspectos que son fundamentales para la producción. La agronomía es una carrera hermosa y apasionante y tiene una gran ventaja con respecto a la medicina ya que "las plantas no hablan" para quejarse de nuestros errores, pero igual lo manifiestan a través de su desarrollo.

P: ¿Cómo fue irse del país para hacer un pos grado en el exterior en los complicados años 70?

AB: Entre los primeros trabajos de fertilización en trigo, había un programa con el CIMMYT, que daba la posibilidad de perfeccionarse afuera. El primer destino Iowa fue modificado y al igual que otros técnicos del INTA, se cambió por México. Fue bastante complicado y con muy pocos recursos de la beca, pero el objetivo era mejorar la formación y personalmente le di prioridad a fisiología de cultivos y estadística además de suelos. Después hubo varios años de bonanza con el proyecto de la FAO y con posterioridad años muy duros, pero aún con recursos muy escasos, seguimos con las mismas líneas de trabajo. Con frecuencia hay escases de recursos, pero si hay ideas y objetivos claros igual se puede seguir trabajando.

P: ¿Tiene alguna anécdota que recuerde de su carrera?

AB: En la búsqueda del trabajo, recién egresado, me presenté a una inmobiliaria que se dedicaba a la compra y venta de campos y presenté mi trabajo de suelo que fue tal vez el primer mapa detallado realizado en la región pampeana. Yo pensaba que era de importancia evaluar la capacidad de uso las tierras. Una vez terminada mi presentación el dueño de la empresa me contestó: mire ingeniero, nosotros le damos poca importancia al suelo, lo que más nos interesa son las mejoras: alambrado, aguadas, tinglados, vivienda, caminos, etc. Se imaginan cuál fue mi decepción, ¿no?

P: ¿Cuál es su visión sobre la situación actual del estado de la fertilidad de los suelos de Argentina?

AB: Es realmente preocupante, si uno observa como ha cambiado en los últimos 30-40 años la fertilidad de los suelos, evaluada a través de distintos parámetros. Esta situación es muy difícil de revertir mientras la soja siga ocupando más del 70% de la superficie cultivada; además se ha difundido la idea de la baja respuesta de este cultivo a la fertilización y normalmente se utilizan dosis muy bajas de P si se aplica; sin embargo los resultados experimentales muestran respuestas a dosis de reposición de P variables según rendimientos y niveles de P disponibles. Al ser la concentración de P y S en el grano el doble de las del maíz y trigo, no hay duda que hay que reponerlos. Además, es muy difícil mantener la fertilidad de los suelos con este monocultivo con residuos de rápida descomposición y con elevada extracción de todos los nutrientes.

Si consideramos los precios de los granos, estos mantienen el mismo orden que la concentración de nutrientes (maíz < trigo < girasol < soja). Por lo tanto, la secuencia de cultivos con una mayor



frecuencia de gramíneas o de pasturas en la rotación junto con un manejo balanceado de la fertilización, son el único camino que nos permite preservar el recurso suelo.

P: ¿Considera que es necesario establecer pautas o normas institucionales para regular el manejo del suelo? Por ejemplo Ley de Uso y Conservación de Suelos

AB: Es indudable la necesidad de establecer normas que aseguren un manejo y conservación del recurso suelo para las futuras generaciones; su adopción va a depender fundamentalmente del marco económico en el cual se inserta la producción agropecuaria dentro de la sociedad, de lo contrario todo queda como una simple expresión de deseo.

P: ¿Cuál considera es hoy la situación de la reposición de nutrientes?

AB: Si bien en los últimos 10-15 años se ha ido incrementando con algunas fluctuaciones, la reposición relativa de los nutrientes NPS, el balance total es cada vez más negativo por los incrementos en la producción total de granos y dentro de ellos corresponde más del 50% a la soja, la gran exportadora de nutrientes por las mayores concentraciones de estos en los granos. Para la producción actual de este cultivo se estima aproximadamente una extracción por el grano de 1.500.000, 250.000 y 150.000 ton. de N, P y S, considerando una fijación del N del 50% del exportado. A partir del N restante (50%) proveniente de la mineralización de la materia orgánica, se puede estimar la pérdida anual de M.O. de los suelos de nuestro país, cultivados con este cultivo. Los resultados son preocupantes.

La extracción y reposición de nutrientes en la actualidad están ampliamente documentados tanto en distintos artículos de esta misma revista, como también en otros vinculados al sector.

P: ¿Por qué cree que los productores no fertilizan adecuadamente sus cultivos? ¿Por qué priorizan rendimientos a expensas de la fertilidad del suelos?

AB: Es muy difícil planificar una fertilización que contemple adecuadamente la rotación de los cultivos y la fertilidad de los suelos en un sistema donde más del 50% de la agricultura se realiza bajo arrendamiento y con el sistema de comercialización actual.

Un manejo sustentable sólo es posible cuando hay normas claras, estables y atractivas para el productor o empresa agropecuaria. De todas formas todavía es fundamental seguir con el trabajo de difusión y de formación profesional que permita mejorar el manejo nutricional de los cultivos, no obstante los grandes avances alcanzados en los últimos 10-20 años a través de distintas instituciones del sector.

P: ¿Cuál cree es el rol del análisis de suelo en la toma de decisiones al momento de decidir la dosis de aplicación?

AB: Es un elemento fundamental pero no único para la toma de decisión, ya que hay otros aspectos a considerar tales como rendimiento esperado, secuencia de cultivos, residualidad de los nutrientes, tenencia de la tierra, riesgo, además de un conocimiento adecuado del paquete tecnológico.

P: ¿Cuáles considera son las ventajas de realizar análisis de suelos?

AB: Permite contar con fundamentos técnicos para la mejor distribución de los recursos disponibles y en lo referente a nutrición de cultivos, permite planificar mejor la fertilización en cada cultivo, de cada nutriente y en cada potrero o ambiente.

Sin embargo, con frecuencia se planifica la fertilización sin el suficiente sustento técnico y conocimiento de la dinámica de los nutrientes que permitan efectuar los ajustes necesarios.

P: ¿Cuáles son las principales recomendaciones para realizar

un buen análisis de suelo?

AB: En cada situación es fundamental para cada cultivo conocer en qué momento y a qué profundidad efectuar el muestreo más adecuado para cada nutriente. Por la mayor variabilidad en la disponibilidad de nutrientes poco móviles, como el P, es necesario un muestreo más cuidadoso bajo S. D., para lo cual es recomendable incrementar el número de submuestras para reducir los errores.

El momento del muestreo y la profundidad del muestreo también son fundamentales para nutrientes como el N y en parte también para el S, por la variabilidad en su disponibilidad a lo largo del año y por su movilidad.

Hay normas escritas que conviene utilizar para reducir los errores. El resultado de análisis de suelo, cumpliendo las normas de muestreo mencionadas, tiene que estar acompañado por información complementaria que permita mejorar el diagnóstico y la recomendación de la fertilización.

P: ¿Considera que los productores han adoptado esta herramienta eficazmente?

AB: Si bien análisis de suelo se ha difundido bastante en los cultivos extensivos y en menor grado en pasturas, en muchas situaciones no tiene el prestigio que merece esta herramienta por deficiencias en su implementación y utilización. Si bien se está tratando de mejorar las técnicas de laboratorio a través del Programa Nacional de Interlaboratorios de Suelos (PROINSA), los mayores errores son atribuidos a las técnicas de muestreo que son más evidentes cuando se quieren separar los ambientes o las áreas de distinta productividad. La interpretación de los resultados de análisis con la implementación de la fertilización es otro de los aspectos fundamentales a mejorar. Estas últimas deficiencias no son fáciles de solucionar adecuadamente, va que los problemas en el área de fertilidad de suelos y de nutrición de cultivos son cada vez más complejos y requieren de una mejor formación académica y de una actualización permanente. El uso cada vez más intensivo de los suelos, los mayores niveles de producción y por consiguiente de extracción de nutrientes, la mayor difusión del riego, junto con la adopción generalizada de la siembra directa requiere de nuevos enfoques en el manejo de la fertilización, dentro de los distintos sistemas de producción.

Es indudable que estos aspectos requieren su tiempo para ser enfocados adecuadamente con una mejor formación académica y actualización profesional. Hay que tener presente, sin embargo, que esta actividad sigue siendo bastante estacional, por tal razón no es fácil implementar un servicio muy eficiente en su calidad y rapidez.

P: ¿Cuáles son los proyectos en los que está trabajando actualmente?

AB: Hace más de 5 años que me retiré de la actividad oficial en la Facultad y en el INTA, pero sigo trabajando igual que antes en la actividad privada, en la dirección técnica del Laboratorio Fertilab.

Nuestra actividad no se restringe sólo a los análisis y diagnóstico de la fertilización; realizamos también cursos de actualización profesional en el área de fertilidad de suelos y nutrición de cultivos a requerimiento particular de profesionales o de empresas vinculadas con nuestro laboratorio. Esta actividad nos permite tener una comunicación más fluida con nuestros clientes y un mejor enfoque en el manejo de la fertilización.

Además de esta actividad académica, a través de nuestra área técnica, realizamos distintos tipos de ensayos, tanto en forma conjunta con empresas privadas vinculadas a la distribución y venta de fertilizantes, o con instituciones públicas (INTA, IPNI) y también con asociaciones de productores (grupos CREA, AAPRESID) y empresas agropecuarias interesadas en tener información experimental sobre un manejo más eficiente de la fertilización.



Hemos trabajado y seguimos trabajando principalmente en el ajuste de la implementación del método de diagnóstico de la fertilización nitrogenada, incorporando el Nan (N anaeróbico) en las distintas gramíneas (trigo, cebada, maíz) y en girasol con excelentes resultados.

Los ensayos se realizan no sólo en el sudeste sino también en otras áreas de la región pampeana donde cada cultivo tiene su importancia económica. Como ejemplo los ensayos en maíz se han realizado desde Balcarce hasta Venado Tuerto y Marcos Juárez.

Por la falta de labranzas bajo S. D. y los cortos períodos de barbechos, los contenidos de N disponibles suelen ser muy bajos, sobre todo en años más lluviosos; bajo tales condiciones los bajos niveles de N que no reflejan la capacidad del suelo para suministrar N (en inclusive S) a los cultivos. Por consiguiente la utilización de Nan mejora sensiblemente el diagnóstico y el manejo de fertilización con N, nutriente de gran relevancia en la producción agropecuaria, por los altos requerimientos y por la gran variabilidad en el sistema suelo-planta.

Para que el análisis de suelo sea de mayor utilidad y se incremente su adopción son necesarios estos tipos de ajustes permanentes, que los avances en la tecnología de producción requieren, sobre todo con los progresos y la adopción de la agricultura por ambiente.

Ensayos sobre respuesta a otros nutrientes como S y evaluación de algún producto comercial, forman parte también de la actividad experimental complementaria.

P: ¿Qué compromiso siente que tienen las nuevas generaciones con la profesión y el medio ambiente?

AB: Tanto los reclamos de la sociedad como el tratamiento de la problemática del medio ambiente requieren de un mínimo de conocimiento para ser analizados y de una sólida formación académica para ser enfocados y estudiados adecuadamente.

Es indudable que en la medida que la sociedad toma más conciencia de los problemas del medio ambiente, se dispondrá de mayores recursos tanto para formar profesionales con mejor formación académica como para los estudios pertinentes en cada situación particular.

P: ¿Se siente un referente del área?

AB: Ser referente del área son palabras mayores, lo único que se me ocurre es que he tenido muchos privilegios en mi actividad profesional y grandes satisfacciones en los trabajos realizados y en su transferencia no solo al sector productivo sino también en la actividad docente.

Además de haber sido uno de los primeros en estudiar distintos aspectos de fertilidad de los suelos y la respuesta a los fertilizantes, al estar frente del Laboratorio a los largo de 30 años, me ha permitido tener un conocimiento sobre las características de los suelos y la disponibilidad de nutrientes en distintas áreas y bajo distintos manejos, que resultan de gran utilidad para la transferencia del manejo de la fertilización.

iAgradezco a Fertilizar esta oportunidad para expresar mis opiniones sobre los temas tratados!



IDENTIKIT





APLICACIÓN DE FERTILIZANTES NITROGENADOS EN SOJA Una experiencia brasileña

El Comité Estratégico de soja Brasil (CESBs,), integrada por 25 organizaciones y empresas, entre ellas la Fundación MT, Monsanto y BASF, llegó a la conclusión en un análisis conjunto de experimentos que el agregado de N como fertilizantes nitrogenados a la soja no aumentó significativamente la producción de grano, según lo informado y publicado por el comité.

Actualmente, el grupo que comprende la CESBs (www.cesbrasil.org.br) consta de 17 miembros, empresas vinculadas al agronegocio, y ocho en-

tidades patrocinadoras, entre ellas Asociaciones por cadena como Aprosoja, ANDA, y otras. Se conformó como una organización sin fines de lucro formada por profesionales e investigadores de diversos campos, que se unieron para trabajar de forma estratégica y utilizar los conocimientos adquiridos en sus respectivas carreras y experiencias a favor de la producción de soja en Brasil.

Entre las iniciativas desarrolladas por la CESBs, se destaca un concurso de rendimientos que



aumenta cada año no solo en el número de participantes sino en los records obtenidos (tabla adjunta). Este "Desafío Nacional para el Máximo rendimiento", que ya lleva seis campañas, tiene el propósito de motivar a los productores y técnicos para crear nuevas tecnologías y prácticas sostenibles en el cultivo de soja.

Recientemente la organización presentó los resultados finales de sus primeros experimentos de un protocolo, un año después del lanzamiento de una Red de Investigación, que se estableció con el objetivo de fomentar el desarrollo de nuevas tecnologías para maximizar la productividad de la soja, económicamente rentable y sostenible. Este primer protocolo se dedicó al tema del impacto del uso de nitrógeno en el cultivo de soja, ya que no existe consenso sobre los beneficios económicos de la aplicación de este elemento. En otras palabras se buscaba comprobar si el agregado de nitrógeno generaba rendimiento significativo de la leguminosa como para compensar los aumentos de costo.

El nitrógeno de fertilizantes ayuda en el desarrollo de la agricultura, pero en grandes cantidades un impacto negativo en el suelo y generan emisiones a la atmósfera. Fijo en el suelo, se altera el ecosistema y en el largo plazo, aumenta la cantidad de óxido nitroso en el aire. En la red de investigación participaron 16 instituciones públicas y privadas localizadas en nueve estados. Estos grupos independientes enviaron para su análisis los resultados de 51 experimentos, que recibieron dosis crecientes hasta 200 kg de N/ha en la fase R 5.3 - cuando los granos en sus vainas estaban dentro del 50% del tamaño final. El análisis de los ensayos individuales mostró que 7 de los 51 sitios (13,7%) mostraron respuestas significativas a las dosis de nitrógeno aplicado con un aumento de la productividad en general proporcional al aumento de la dosis de fertilizantes nitrogenado aplicado. En promedio, el aumento fue de 312 kg por hectárea para la dosis de 200 kilogramos por hectárea de urea, no siendo económicamente viable, incluso en aquellos lugares donde hubo una respuesta estadísticamente significativa.

El análisis de los datos indica que las respuestas a los fertilizantes nitrogenados en los límites de los rendimientos actuales (3000 kg/ha, en promedio) eran relativamente bajos y que las bacterias en simbiosis con las plantas que fijan el nitrógeno mineral serían suficientes para satisfacer las necesidades de nutrientes de los cultivos en los experimentos analizados. Los estudios permiten concluir que no hubo impacto económico, es decir, los niveles de ganancia en la productividad no valen la inversión requerida para la aplicación de la técnica.



	2008/9	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13
Tom 10	2008/9	2009/10		2011/12	2012/13
Top 10			q/ha		
1	49.7	65.0	60.4	65.2	66.3
2	49.0	55.3	60.3	61.9	65.8
3	48.8	53.1	59.8	61.6	65.7
4	48.5	52.4	59.4	59.3	61.9
5	48.4	51.5	59.2	55.6	61.7
6	45.9	50.8	57.1	54.4	61.3
7	45.4	50.3	56.0	53.9	61.3
8	44.7	50.0	54.5	53.9	59.9
9	43.7	50.0	53.4	53.6	59.6
10	42.6	49.9	52.5	53.3	59.1
Media Concurso	46.7	52.8	57.3	57.3	62.3
Media Nacional	43.8	48.8	51.9	44.1	48.9
N°Participantes	140	800	1185	1314	1198
N°Áreas> 54 q/ha	0	2	8	8	22



FERTILIZAR festejó su 20° aniversario



En un encuentro organizado por la entidad con motivo de la celebración de su 20° aniversario, se remarcó que la aplicación de fertilizantes en los planteos agrícolas de la Argentina permitió incrementar la producción total de granos, aportando 25 millones de toneladas más a la cosecha, que significa 9.000 millones de dólares a la economía nacional.

"Esto habla de la importancia del uso de los fertilizantes no solamente respecto de la sustentabilidad del sistema productivo sino de una contribución fundamental para la economía del país", dijo Pablo Pussetto, presidente de FERTILIZAR, durante la convocatoria que realizó la entidad para conmemorar sus 20 años de existencia, de 1994 al 2004 como proyecto del INTA y luego como organización civil independiente.

Cuando nació FERTILIZAR, en 1994, la producción de granos de Argentina era de 40 millones de toneladas y se incrementó en un 150% hasta llegar a las 100 mill/tn de la última cosecha; mientras que el consumo de fertilizantes que era de 800 mil/tn pasó a los 3,2 mill/tn (300% de aumento) y la reposición de nutrientes se duplicó del 15% al 30%. "Pero aún tenemos cuentas pendientes por la baja reposición de nutrientes, la escasa rotación con gramíneas y el modelo de arrendamientos de corto plazo que comprometen la sustentabilidad de los sistemas productivos", agregó Pussetto.

En este contexto, el presidente de FERTILIZAR elevó voces de alarma frente a la caída de 24% en el contenido de la materia orgánica del suelo agrícola con importantes déficits en los niveles de nitrógeno, fósforo (el 70 % de la superficie pampeana), azufre y micronutrientes, a los que se comenzaron a incorporar las deficiencias de potasio. "Hay que romper un gran mito de la Argentina, donde creemos tener suelos de fertilidad infinita. Debemos ser conscientes que hoy la fertilidad de los suelos ha mermado y debemos reaccionar rápidamente para recuperarla". Pussetto alentó "un modelo de agricultura susten-

table con foco en los aspectos ambientales, económicos y sociales", en el cual se incluya a los fertilizantes como "la tecnología para mejorar la productividad y preservar los sistemas silvestres". Resaltó que "si bien hay que pensar en el impacto de la fertilización en exceso, en el caso de la Argentina debemos cuestionar el grandísimo impacto ambiental por la fertilización en defecto: estamos todos los años degradando el recurso suelo".

Ley de promoción de uso de los fertilizantes

Del evento también participó el presidente de la Comisión de Agricultura y Ganadería de la Cámara de Diputados de la Nación, Luis Basterra, quien adelantó que el proyecto de Ley de promoción de uso de los fertilizantes que establecerá la integridad, el balance orgánico y la mejora de los nutrientes "tendrá tratamiento a inicios del año legislativo 2015"; además alentó un consenso extendido para su aprobación debido a que el proyecto tuvo "una amplia base de debate", con participación de entidades como FERTILIZAR, CIAFA, FADIA, CREA, AAPRESID y Fundación Vida Silvestre, entre otras.

Basterra destacó la inclusión del concepto de suelo como "capital social que hay que preservar" para el cual el que produce la tierra "necesita un ambiente más favorable que el actual, que está bajo las reglas del mercado" para poder cuidarla. "El suelo es un recurso agotable y su falta de conservación es asimilable a una depreciación de un bien de uso", destacó el diputado por Formosa. En este orden, el proyecto de ley hace especial hincapié en que los beneficios también puedan ser alcanzados por productores minifundistas y de agricultura familiar.

Mesa redonda

Por otra parte, en la jornada de conmemoración de los 20 años de FERTILIZAR, también se debatió sobre la importancia del recurso suelo como punto de partida en la cadena de producción de alimentos, con la participación de Ricardo Negri, de Investigación y de Desarrollo de CREA; Pedro Vigneau, Vicepresidente de Aapresid; y Marcelo Salice, asesor de la Comisión de Agricultura y Ganadería de la Cámara de Diputados; coordinados por el Vicepresidente de FERTILIZAR, Jorge Bassi.

Negri señaló que además de la dimensión ambiental, social y económica, la sustentabilidad del suelo debe verse desde la dimensión "de la escala temporal y de la escala institucional". Graficó que si bien el productor es consiente del "capital natural" del suelo "no puede manejar él solo todas las esferas de la sustentabilidad". A su turno, Vigneau contó que Aapresid realizó un trabajo de comparación entre un suelo virgen, uno con buenas prácticas agrícolas (siembra directa, rotación de cultivos, coberturas, manejo integrado de plagas y enfermedades y fertilización) y un tercero con monocultivo. "El suelo con buenas prácticas agrícolas es muy parecido al suelo virgen", concluyó.

Salice resaltó que hay que entender el suelo como "recurso público" por el cual "hay que buscar reglas de convivencia".

En las conclusiones, Bassi remarcó que "hay que dar el alarma de que no estamos cuidando el recurso natural suelo en un momento donde tenemos herramientas tecnológicas que nos permitirían hacerlo".

Homenajes

El evento fue también oportunidad para homenajear a referentes que han realizado un gran aporte a las ciencias del suelo y fueron protagonistas del nacimiento de la entidad. La gerente de FERTILIZAR, María Fernanda Gonzalez Sanjuan, coordinó la entrega de las esculturas



realizadas por el artista Miguel Gerónimo Villalba a los ingenieros agrónomos Néstor Darwich, Ricardo Melgar, de INTA; y Angel Berardo, presidente honorario de FERTILIZAR y Director Técnico de Fertilab, que fueron entregadas por Pablo Pussetto, Martín Torres Duggan (Consultor de Tecnoagro) y Fernando García (Director del IPNI Cono Sur), respectivamente.



Soja, fertilizar para ser más rentables y sustentables

En noviembre, FERTILIZAR difundió los resultados observados a campo en ensayos de larga duración propios en los cuales se confirma una respuesta significativa a la fertilización con fósforo (P) y Azufre (S) en soja.

Además, de los estudios surge que para lograr los mayores rendimientos no solo debemos incrementar las dosis empleadas, sino también aplicarlas de manera segmentada. En ese sentido, desde FERTILIZAR destacaron que las mayores respuestas se manifestaron cuando la aplicación de la dosis alta (25 unidades de P) se realizó de la siguiente manera: 70% al voleo (en invierno) y el restante 30% en la línea al momento de la siembra.

"En la última campaña de la red incorporamos la aplicación de micronutrientes al tratamiento de dosis altas segmentada y, como resultado, obtuvimos una respuesta de 150 kg/ha adicionales", destacó la Ing. María Fernanda González Sanjuan, Gerente Ejecutivo de FERTILIZAR. Y agregó: "Queda claro que la incorporación de micronutrientes a estas dosis de P y S representa una alternativa de mejora en los rendimientos del cultivo.

Además de esto, desde FERTILIZAR sostuvieron que en los resultados del 4º año de la red de ensayos de soja, se han observado aumentos medios de rendimientos de 13% (419 kg/ha) y desde el punto de vista de la calidad de los granos, no hemos registrado cambios relevantes en concentración de proteínas como consecuencia de los aumentos de los rendimientos.

En base a ello, se manifiesta que al fertilizar con adecuadas dosis de P y S el cultivo de soja, según los resultados de la última campaña, el efecto dilución de la concentración de proteína por aumentos de rendimientos, se ve atenuada en los granos cosechados.

"Si bien la calidad proteica del grano de soja está determinada en gran medida por la interacción genotipo y ambiente, en los tratamientos fertilizados con dosis adecuadas se han logrado aumentos de rendimientos, sosteniendo la calidad proteica de los granos cosechados", agregó González Sanjuan.

Más experiencias

Coincidentemente con estos comentarios, los Ingenieros Fernando Miguez e Inés Daverede de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UCA sostienen que "para una dosis de reposición y en base a las respuestas esperables, la rentabilidad de la fertilización con fósforo en soja está entre \$1.8 y \$2.2 por cada peso invertido.

Según explican lo relevante no es solamente la rentabilidad de la práctica en sí, sino también que el aumento en el rinde permita reducir el costo por tonelada producida al diluir los costos fijos de la siembra. "El costo de la semilla, de las labores y demás insumos, y en especial del arrendamiento (a quintales fijos), es independiente del rinde obtenido", señalan los autores.

Más allá de esto, los técnicos reflejan que con el aumento de costos y la baja en el precio de la soja, el rendimiento de indiferencia —aquel necesario para no perder rentabilidad- es cada vez más alto.

"Resulta claro que el rendimiento de un cultivo sin fertilizar (podría ser de 36 q/ha en zona núcleo) no es suficiente para cubrir los costos en un campo arrendado y que el aumento en el rinde esperado por la fertilización permite "no perder" en campo arrendado y "mejorar" la rentabilidad en campo propio", destacan los especialistas.

En ese sentido, se remarcó que la única manera de sobrevivir en el contexto actual es con rendimientos altos y que, para lograrlos, se debe fertilizar en forma suficiente al cultivo para que exprese todo su potencial genético.

"Debemos entender al cultivo como un todo, conocer sus necesidades, contar con un análisis de suelo que nos indique la disponibilidad de nutrientes, realizar un diagnóstico apropiado y aplicar los insumos de la manera más eficiente que nos sea posible", enfatizaron Miguez y Daverede.



FERTILIZAR junto a MAIZAR

Los días 2 y 7 de octubre FERTILIZAR auspició las Jornadas Maizar 2014, Aliados por más maíz y sorgo. Agricultura Sustentable.

La primera fue en Venado Tuerto, donde Miguel Boxler, de CREA Sur de Santa Fe, disertó sobre el maíz dentro del sistema de producción

La segunda fue co-organizada por FERTILIZAR, Aapresid y El Mayoral en la Sociedad Rural de 25 de Mayo, provincia de Buenos Aires.



En cuanto a las enmiendas orgánicas, se conocen diferentes tipos de compost, y todos ellos contienen gran proporción de materia orgánica humificada (ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y huminas). La materia orgánica con dicha calidad puede adsorber MP en forma relativamente rápida, a través de la formación de quelatos, o a largo plazo mediante la formación de complejos estables (Basta et al., 2005). Uno de los beneficios de usar compost de residuos como enmienda, se basa en la valorización ambiental de los mismos, ya que mediante el proceso controlado de compostaje (proceso biooxidativo) estos se descomponen, generando CO2 y H2O, energía calórica y materia orgánica estabilizada (Zubillaga y Lavado, 2006). Durante este proceso se suceden tres etapas, asociadas a la temperatura y a la actividad microbiana: la mesófila, la termófila, y por último la de maduración (Zucconi y de Bertoldi, 1987; Laos et al., 2002). En la etapa mesófila, la temperatura varía entre 20 y 35°C y se encuentran bacterias y hongos mesófilos. En la termófila, la temperatura oscila entre los 40 y70°C; en la cual se encuentran bacterias y hongos termófilos, y actinomicetes. En la etapa de maduración la temperatura de la masa es la del ambiente y encontramos insectos, nematodos, moluscos y bacterias y hongos mesófilos. Es importante aclarar, que al momento de aplicar el compost al suelo, el mismo debe poseer un adecuado grado de madurez; de lo contrario, la deficiente degradación de la materia orgánica podría provocar efectos negativos en el desarrollo de las plantas, por la presencia de metabolitos intermedios fitotóxicos (Zubillaga y Lavado, 2003). Otro de los beneficios del uso de las enmiendas orgánicas, además del efecto inmovilizador, es que permite el reciclado de la materia y de los nutrientes, así como el mejoramiento las propiedades físicas del suelo (Sanchez-Monedero et al., 2004).

En cuanto a las enmiendas inorgánicas, como los fertilizantes fosfatados solubles, pueden, también, remediar el suelo a través de procesos directos de adsorción en la superficie de los fosfatos y/o la formación de precipitados metal-fosfato estables (Adriano et al., 2004). Actúan además como fertiliantes, proveyendo nutrientes a las plantas (Sharpley et al., 1999).

Según lo descripto hasta el momento, en estudios de remediación, conocer la solubilidad, biodisponibilidad y toxicidad de los MP en el suelo son dos factores claves a determinar a la hora de evaluar la efectividad de las estrategias seleccionadas.

VALORIZACIÓN DE RESIDUOS

La transformación de residuos potencialmente peligrosos en un recurso agronómico y ambientalmente valioso a través del compostaje, incrementó significativamente durante las últimas décadas. La valorización del residuo se evidencia al aplicar el compost al suelo, ya que le otorga la capacidad de recuperar la calidad y cantidad de materia orgánica (valor como enmienda), y el contenido de nutrientes (valor como fertilizante) (Laos, 2003). Una característica importante del proceso de compostaje es que debido a las temperaturas termófilas generadas, se suprimen organismos patógenos (Mazzarino y Laos, 2000), y se obtiene un producto estable, libre de olores desagradables (Ma-

zzarino et al., 2012). En general, al ser un producto estable, su uso para la remediación de suelos presenta ventajas respecto de la aplicación de residuos sin compostar (Zubillaga et al., 2006).

Dentro de los residuos orgánicos con alto potencial de valorización tanto agrícola como ambiental, se encuentra el biosólido. La incorporación de biosólidos compostados evitaría el incremento inicial en la biodisponibilidad de MP en suelos contaminados ya que la materia orgánica estable que lo compone podría generar mecanismos de adsorción específica y no-específica (Basta et al., 2005). Esta materia orgánica estable es capaz de enlazar fuertemente iones metálicos siendo, esta unión, resultado de la formación de complejos que involucran varios grupos funcionales (carboxílos, hidroxílos) presentes en la materia orgánica en general y de sustancias húmicas y fúlvicas en particular (O´Dell et al., 2007).

Consecuentemente, el uso de un residuo compostado para estabilizar MP en el suelo contaminado, integraría un doble beneficio en la reducción de la contaminación: por un lado, la reducción de volumen de un residuo en el ambiente y por el otro la inmovilización de MP al ser aplicado a un suelo contaminado.

el primer y segundo año, respectivamente (Fig. 2 y 3). En contraste con la descomposición de biomasa, la presencia de CC no modificó la liberación de P desde los residuos.

PRODUCCIÓN DE COMPOST DE BIOSÓLIDO Y SU USO EN LA REMEDIACIÓN

Para la producción del compost, se utilizó biosólido proveniente del operador de aguas de la Ciudad de Buenos Aires, el cual fue mezclado con aserrín, en una proporción volumétrica de 1:1 (biosólido: aserrín). El compostaje se realizó en una pila estática al aire libre, con volteos semanales, humedecida periódicamente, y cubierta con nylon oscuro para evitar pérdidas de humedad. En cuanto al monitoreo del proceso de compostaje, se tomaron registros térmicos e hídricos diarios (Imagen 1).

Imagen 1.

(a)Pila de compost de biosólidos, y registro diario de temperatura; (b) Compost de biosólido maduro, pasado por tamiz de 2mm (b)





Las características del compost se muestran en el Cuadro 1. A fin de poner a prueba las características del compost obtenido y su influencia en la germinación de una especie arbustiva nativa de la Región Pampeana (Sesbania virgata) una vez que es aplicado al suelo para remediar, se realizó un bioensayo de fitotoxicidad, siguiendo la metodología sugerida por Zucconi et al. (1981) con pequeñas modificaciones.

Compostaje: proceso biooxidativo que asegura la reducción de patógenos, elimina olores desagradables y estabiliza el material. Este proceso involucra un sustrato orgánico heterogéneo en estado sólido, el cual atraviesa una etapa termofílica y produce CO2 y agua, minerales y materia orgánica estabilizada.

Compost: producto derivado del proceso de compostaje. Materia orgánica estabilizada luego de ser sometida a una sucesión biológica degradativa llevada a cabo por microroganismos aeróbicos.

Cuadro 1.

Caracteristicas físico-químicas de Compost de Biosólidos utilizados en el experimento como enmienda órganica (MS=materia seca)

CIC	рН	CE	MO total	C soluble	N _{total}	C/N
(cmol kg) ⁻¹	(1:2.5; H ₂ O)	dS m ⁻¹	1	(%)	(g kg suelo) ⁻¹	
14,3	7,5	1,29	42,5	0,031	0,32	13,2

 MO_{total} = materia orgánica total; $C_{soluble}$ = carbono soluble; N_{total} = nitrógeno total; C/N = relación carbono-nitrógeno

Se definieron diferentes tratamientos: i) suelo contaminado con MP (SC); ii) SC + compost de biosólido (CBII); iii) SC + fertilizante fosfatado (FF), y iv) SC + CBII + FF. Con ellos se prepararon extractos acuosos mezclando 7 g de cada muestra de compost con 70 ml de agua destilada (relación de 1:10); y en cajas de Petri se colocó papel de filtro impregnado con cada extracto y se ubicaron 20 semillas escarificadas mecánicamente de S. virgata, en tratamientos independientes. Las cajas fueron incubadas en estufa de incubación, a oscuridad y a 26°C durante 168 horas, utilizando agua destilada como blanco. Las semillas fueron observadas en distintos momentos de comenzada la incubación, contabilizando el número de semillas germinadas, considerando germinación cuando la longitud de la raíz primaria alcanzó una longitud igual o superior a 5 mm (USEPA, 1995) (Esquema 1). Se calculó el porcentaje de germinación ((% G = (G tratamiento/G control) x 100)), donde (G tratamiento) es el número de semillas germinadas en las cajas con extracto de compost con enmienda, y (G control) es el número de semillas germinadas en el tratamiento control. Al observar las cajas de petri conteniendo las semillas de S. virgata, se encontró que a las 48 horas del inicio del bioensayo, el porcentaje de germinación superó el 100%. Si

Esquema 1.

Representación del bioensayo de germinación de semillas de Sesbania punicea y Sesbania virgata, y sus resultados luego del período de incubación.



bien al inicio del bioensayo de germinación se observó el valor más bajo, a medida que transcurrió el período de incubación, S. virgata incrementó su poder germinativo, ya que los porcentajes de germinación obtenidos a las 72 hs fueron mayores en comparación con los obtenidos a las 48 hs (Cuadro 2). Cabe destacar, que además de contar con un elevado poder germinativo bajo condiciones estresantes con MP, tampoco existieron efectos subletales en los parámetros de toxicidad señalados por Calow (1993), tales como inhibición en la formación de hojas nuevas, clorosis o necrosis. Por el contrario, según lo observado durante el proceso, se produjo una estimulación en la germinación de esta especie.

Además, para evaluar la utilización de enmiendas como estrategia de remediación de suelos contaminados, se realizó un ensayo de invernáculo, llevado a cabo en macetas donde se colocaron el suelo contaminado con MP y se aplicaron compost de biosólido (CB) como enmienda orgánica y superfosfato triple (FF) como enmienda inorgánica (dosis equivalente: 100 Mg ha-1 y 100 kg ha-1, respectivamente). También se implantó Sesbania virgata (Sv) como especie fitorremediadora, resultando los siguientes tratamientos: i) suelo contaminado con MP (SC), ii) SC + Sv, iii) SC + Sv + FF, iv) SC + Sv + CB, y v) SC + Sv + CB + FF (Esquema 2). De cada tratamiento se realizaron muestreos destructivos en dos momentos del experimento: al inicio (0 días) y a los 190 días de la aplicación de las enmiendas y de la implantación de las especies vegetales; y se realizó una extracción secuencial de los MP en el suelo (Mc Grath y Cegarra, 1992).

Los resultados derivados del ensayo en invernáculo y de la extracción secuencial, mostraron que el Cu soluble disminuyó al final del ensayo, y que el Cu residual fue mayor. Este comportamiento, se observó principalmente para los tratamientos con aplicación de CB, y específicamente, la máxima reducción del Cu soluble resultó con la combinación del compost, el fertilizante y la especie S. virgata (Figura 1). Además, se observó que la concentración de Cu unido a materia orgánica en estos tratamientos se incrementó. Una de las posibles explicaciones a este resultado, es la precipitación y/o la complejación del Cu por la

Cuadro 2.

Porcentaje de germinación de semillas de Sesbania virgata en función al período de incubación. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (p<0.05) entre tratamientos para determinado momento.

Porcentaje de Germinación (%G)						
Tratamiento	Horas de incubación (h)					
Sesbania virgata	48	72	96	168		
SC	167,1a	152,8	150,0	132,3		
SC+CB	11 <i>7,7</i> ab	150,6	147,9	132,3		
SC+FF	70,2b	115,2	132,9	128,5		
SC+CB+FF	116,3ab	147,4	150,0	132,3		

suelo contaminado (SC), suelo contaminado + compost de biosólido (SC + CB), suelo contaminado + fertilizante fosfatado (SC + FF) y suelo contaminado + compost de biosólido + fertilizante fosfatado (SC + CB + FF).

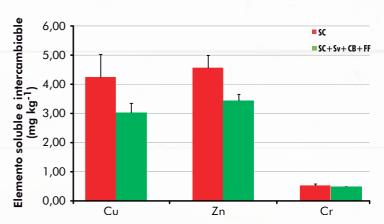




Se puede decir que la especie Sesbania virgata es un arbusto nativo de la Región Pampeana, que fue capaz de desarrollar sus estadíos iniciales bajo condiciones de estrés con MP.

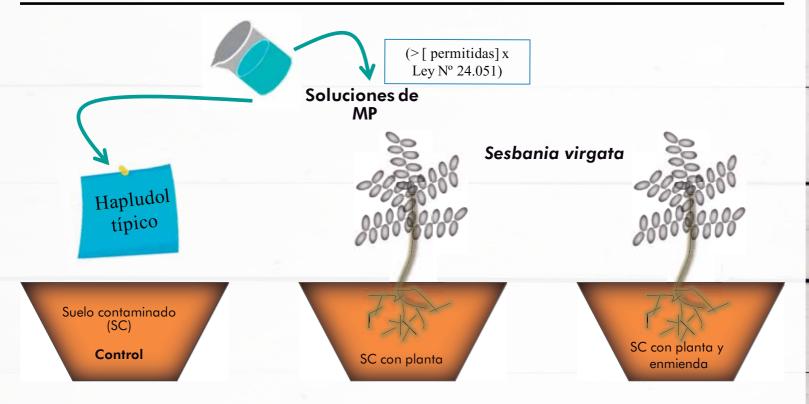
Figura 1.

Metales pesados solubles e intercambiables, según las estrategias de remediación utilizadas; Metales extractados con CaC12. Nota: Solamente se muestran los resultados de los tratamientos donde se encontró la máxima diferencia en solubilidad. Los valores de Zn se encuentran divididos por 100.



Esquema 2.

Representación del ensayo en invernáculo con estrategias de remediación (aplicación de enminedas e implantación de Sesbania virgata)



presencia de materia orgánica estabilizada del compost, como por ejemplo las sustancias húmicas. En tal sentido, corroborando los resultados obtenidos, su bajo contenido en la fracción soluble, también podría sugerir que existe baja contribución desde los complejos solubles de Cu-materia orgánica, por lo que los complejos Cu-materia orgánica son estables en el tiempo (Adamo et al., 2006).

Por otro lado, de la extracción secuencial, también se observó que el Zn fue el elemento más lábil, ya que se observó mayor concentración del mismo en la primer fase de extracción, la soluble e intercambiable. Sin embargo, cabe destacar, que la combinación de compost de biosólido, con el fertilizante fosfatado y la especie S. virgata redujo la solubilidad del Zn en un 25% (Figura 1). La predominancia del Zn en la fracción más lábil del suelo, coincide con los resultados encontrados por Bert et al., (2012), quienes reportaron que el Zn extractado con una sal débil, presentó mayor porcentaje con respecto a los otros MP estudiados. Sin embargo, la implantación de la especie de Sesbania, pudo reducir la concentración de Zn móvil, ya sea por absorción de los mismos o por su estabilización, debido a los exudados radicales que permitieron la precipitación en la matriz del suelo (Tangahu et al., 2011).

Por último, la mayor concentración de Cr, se observó en la fracción residual, seguida por la fracción unida a carbonatos. Si bien la solubilidad del Cr fue muy baja, con la aplicación de ambas estrategias de remediación, se redujo aún más la solubilidad. Por eso, el aumento en la inmovilización del Cr en el suelo estuvo influenciada por la aplicación de enmiendas orgánicas, fac-

tor importante en reducir aproximadamente el 90% del Cr(VI) agregado, pasando a Cr(CIII), el cual es menos tóxico e inerte hacia la re-oxidación (Bolan et al., 2003) (Figura 1).

De acuerdo a lo encontrado por otros autores, y en relación a nuestros resultados, donde el Zn fue el elemento más soluble con mayos riesgo a la dispersión de la contaminación, no puede excluirse el hecho de que la adición simultánea de cationes metálicos puede afectar la adsorción de este elemento, debido a la competencia iónica entre los MP estudiados (Kumpiene et al., 2007). Según Flogeac et al., (2007), la presencia simultánea de Cu, Zn y Cr en altas concentraciones, reduce la retención de los mismos, va que existe fuerte competencia entre ellos por los sitios de adsorción del suelo. En tal sentido, asumiendo que la movilidad v la disponibilidad de estos MP están asociadas a su solubilidad y formas químicas, y tomando en cuenta que los MP se reducen en el orden de la secuencia de extracción, la movilidad aparente y la disponibilidad potencial de Cu, Zn y Cr en este experimento fue de Zn > Cu > Cr. Además, estos resultados coinciden con los de Lafuente et al., (2008), quienes reportaron que en suelos con carbonatos, el Cr, Cu y Pb presentaron elevada afinidad por la fase sólida y reactiva del suelo, en comparación con el Ni, Zn y Cd.

Como conclusión, se puede decir que la especie Sesbania virgata es un arbusto nativo de la Región Pampeana, que fue capaz de desarrollar sus estadíos iniciales bajo condiciones de estrés con MP. La utilización de un residuo compostado resultó útil para disminuir la solubilidad de Cu, Zn y Cr a través de la modificación de su estado químico, influenciando su biodisponibilidad





y riesgo para el ambiente. Pero más específicamente, la combinación de estrategias químicas y biológicas es necesaria para eficientizar la inmovilización de diferentes metales, teniendo en cuenta que cada metal reacciona de diferente manera frente a las estrategias utilizadas. La fitorremediación asistida es una estrategia necesaria para una exitosa remediación in situ de los suelos y para la recuperación del ecosistema.

REFERENCIAS:

Adamo, P., Zampella, M., Gianfreda, L., Renella, G., Rutigliano, F.A. y Terribile, T. 2006. Impact of river overflowing on trace element contamination of volcanic soils in south Italy: Part I. Trace element speciation in relation to soil properties. Environ. Pollut., 144: 308-316.

Adriano, D.C., Wenzel, W.W., Vangronsveld, J. y Bolan, N.S. 2004. Role of assisted natural remediation in environmental cleanup. Geoderma, 122: 121-142.

Basta, N.T., Ryan, J.A. y Chaney, R.L. 2005. Trace elements chemistry in residual-treated soil: key concepts and metal bioavailability. J. Environ. Qual., 34: 49-63.

Bert, V., Lors, Ch., Ponge, J.F., Caron, L., Biaz, A., Dazy, M. y Masfaraud, J.F. 2012. Metal immobilization and soil amendment efficiency at a contaminated sedimentlandfill site: A field study focusing on plants, springtails, and bacteria. Environ. Pollut., 169: 1-11.

Bolan, N.S. y Duraisamy, V.P. 2003. Role of inorganic and organic soil amendments on immobilization and phytoavailability of heavy metals: a review involving specific case studies. Aust. J. Soil Res., 41: 533-555.

Calow, P. 1993. Handbook of ecotoxicology. Vol 1. London, England: Blackwell Science Ltd. 478 pp.

Cao, X., Wahdi, A., Ma, L., Li, B. y Yang, Y. 2009. Immobilization of Zn, Cu, and Pb in contaminated soils using phosphate rock and phosphoric acid. J. Hazard. Mater., 164: 555-564.

Clemente, R., Almela, C. y Bernal, M.P. 2006. A remediation strategy based on active phytoremediation followed by natural attenuation in a soil contaminated by pyrite waste. Environ. Pollut., 143: 397-406.

Flogeac, K., Guillon, E. y Aplincourt, M. 2007. Competitive sorption of metal ions onto a north-eastern France soil. Isotherms and XAFS studies. Geoderma, 139: 180-189.

Gomes, P.C., Fontes M.P., Da Silva, A.G., Mendoca, D.E.S. y Netto, E. 2001. Selectivity sequence and competitive adsorption of heavy metals by Brazilian soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 65: 1115-1121.

Kumpiene, J., Lagerkvist, A. y Maurice, C. 2007. Stabilization of Pb- and Cu-contaminated soil using coal fly ash and peat. Environ. Pollut., 145: 365-373.

Laos, F., Mazzarino, M.J., Walter, I., Roselli, L., Satti, P. y Moyano, S. 2002. Composting of fish offal and biosolids in northwestern Patagonia. Bioresourse Technol., 81: 179-186.

Laos, F. 2003. Compostaje de residuos orgánicos de actividades productivas y urbanas en la región Andino-Patagónica: determinación de índices de madurez para su utilización agronómica. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional del Comahue, Argentina.148 pp.

Lafuente, A.L., González, C., Quintana, J.R., Vázquez, A. y Romero, A. 2008. Mobility of heavy metals in poorly developed carbonate soils in the Mediterranean region. Geoderma, 145: 238-244.

Mazzarino, M.J. y Laos, F. 2000. Composting biosolids in Patagonia. BioCycle, 41: 83-85.

Mazzarino, M.J., Satti, P. y Roselli, L. 2012. Indicadores de estabilidad, madurez y calidad de compost. Pp. 349 en Mazzarino M. y P. Satti (Eds.) Compostaje en la Argentina: Experiencias de producción, calidad y uso. Buenos Aires, Argentina.

McGrath, S.P., y Cegarra, J. 1992. Chemical extractability of heavy metals during and after long-term applications of sewage sludge to soil. J. Soil Sci., 43: 313-321.

Mench, M., Vangronsveld, J., Beckx, C. y Ruttens, A. 2006. Progress in assisted natural remediation of an arsenic contaminated agricultural soil. Environ. Pollut., 144: 54-61.

O'Dell, R., Silk, W., Green, P. y Claassen, V. 2007. Compost amendment of Cu–Zn mine- spoil reduces toxic bioavailable heavy metal concentrations and promotes establishment and biomass production of Bromus carinatus (Hook and Arn.). Environ. Pollut., 148: 115–124.

Pérez de Mora, A., Ortega-Calvo, J.J., Cabrera, F. y Madejón, E. 2005. Changes in enzyme activities and microbial biomass after "in situ" remediation of a heavy metal-contaminated soil. Applied Soil Ecol., 28: 125–137.

Sánchez-Monedero, M.A., Mondini, C., De Nobili, M., Leita, L., y Roig, A. 2004. Land application of biosolids. Soil response to different stabilization degree of the treated organic matter. Waste Manag., 24: 325–332.

Sharpley, A.N., Daniel, T., Sims, T., Lemunion, J., Stevens, R. y Parry, R. 1999. Agricultural phosphorous and eutrophication, 2nd edition, University Parks, PA, USDA, Agricultural Research Service. 44 pp.

Tangahu, B.V., Sheikh Abdullah, S.R., Basri, H., Idris, M., Anuar, N. y Mukhlisin, M. 2011. A review on heavy metals (As, Pb, and Hg) uptake by plants through phytoremediation. Int. J. Chem. Engin., 31 pp.

Wang, B., Xie, Z., Chen, J., Jiang, J. y Su, Q. 2008. Effects of field application of phosphate fertilizers on the availability and uptake of lead, zinc and cadmium by cabbage (Brassica chinensis L.) in a mining tailing contaminated soil. J. Environ. Sci., 20: 1109-1117.

Zubillaga, M.S., Torri, I.S. y Lavado, R.S. 2006. Remediación de suelos contaminados con elementos traza mediante el uso de biosólidos compostados y enmienda calcárea. I) efecto sobre la disponibilidad de Cd y Zn. Revista Fac. Agr. (UBA), 26: 87-92.

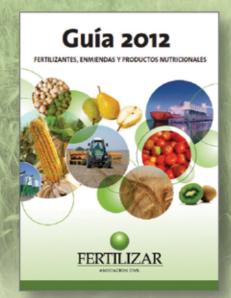
Zubillaga, M.S. y Lavado, R.S. 2006. Phytotoxicity of biosolids compost at different degrees of maturity compared to biosolids and animal manures. Compost Sci. Util., 14: 267-270.

Zucconi, F., Pera, A., Forte, M.E. y de Bertoldi, M. 1981. Evaluating toxicity of immature compost. BioCycle, 22: 54-57.

Zucconi, F. y de Bertoldi, M. 1987. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. Pp. 30-50 en M de Bertoldi; MP Ferranti; P L'Hermite; F Zucconi (Eds.) Compost: Production, Quality and Use. Elsevier Applied Science, Essex. USA.



Precio: \$50 para el público general y \$40 para socios y suscriptos a la revista de la entidad + gastos de envío



Precio: \$70 para el público general y \$50 para socios y suscriptos a la revista de la entidad + gastos de envío



Precio: \$70 para el público general y \$50 para socios y suscriptos a la revista de la entidad + gastos de envío



Precio: \$100 para el público general y \$80 para socios y suscriptos a la revista de la entidad + gastos de envío



Precio: \$150 para el público general y \$110 para socios y suscriptos a la revista de la entidad + gastos de envío



Precio: \$100 para el \$80 para socios y suscriptos a la revista de la entidad + gastos de envío

Venta de publicaciones especializadas consulte



Más información en: www.fertilizar.org.ar o info@fertilizar.org.ar