

## Capítulo 12

### **La importancia de las buenas prácticas agrícolas en la mitigación del daño ambiental.**

*Santiago Lorenzatti*

#### **1. La historia de las labranzas agrícolas y su relación con el ambiente**

La historia de la agricultura es la historia de la labranza. El hombre, mayoritariamente, a lo largo de su historia agrícola utilizó a las labranzas con arado como una herramienta indispensable para la obtención de alimentos. La arada permitía preparar el suelo (refinarlo y despoblarlo de malezas) para poder implantar un cultivo. Posteriormente, con otras labores culturales -las realizadas durante el período de establecimiento y crecimiento del cultivo- se buscaba controlar las malezas y estimular a la mineralización de la materia orgánica para la liberación de nutrientes que eran aprovechados por el cultivo. A ese proceso se lo ha llamado agricultura convencional.

La agricultura convencional, basada en las labranzas de los suelos usando el arado, fue la tecnología principal que la agricultura europea aplicó desde sus inicios, hace más de diez mil años. En las Américas y en África otros métodos de hacer agricultura evolucionaron, métodos que no utilizaban el arado ya que no disponían de animales de tiro. Hace quinientos años con la expansión de la civilización Europea al resto del mundo, se adoptaron en todo el mundo las labranzas europeas basadas en el uso del arado. Actualmente, la mayor proporción de la agricultura mundial sigue realizándose con el arado como eje; proceso que en los últimos 50 a 100 años se vio intensificado de la mano de la incorporación de tractores de potencia creciente, herramientas de labranzas y demás implementos.

Bajo esta concepción de la agricultura, la labranza es vista como una pieza clave e ineludible a la hora de producir granos y forrajes. El paquete tecnológico reinante incluye prácticas como arar, rastrear, y quemar los residuos, dejando el suelo totalmente pulverizado (Pereira, 2002). Sin embargo, y aún reconociendo que sirvió para alimentar a la humanidad en el pasado, este tipo de agricultura que llamaremos convencional -por vía de la erosión de los suelos- y por la aplicación de un criterio de explotación, minero o extractivo de los recursos, en muchos casos hizo llegar a extremos de deterioro de

magnitud escalofriante: “perder más de diez toneladas de suelo por tonelada de grano producido”; evidentemente, un “costo” que la humanidad toda no podía, y menos aún no puede ni podrá seguir pagando (Peiretti, 2004).

Bajo este análisis aparece en forma difusa el concepto de externalidad negativa de la agricultura convencional reciente sobre el ambiente y la sociedad. Es una externalidad porque el efecto degradativo no es asumido en forma directa por ningún actor de la sociedad; es decir que el efecto del laboreo sobre el ambiente no tiene una cuantificación económica que sea puntualmente incorporada como costo a la contabilidad de algún actor de la sociedad. Y es negativa ya que es un proceso que genera perjuicios sobre el ambiente – con principal impacto en el recurso suelo -, y por ende sobre la sociedad en su conjunto.

En línea con esta concepción Manoel Enrique Pereira, un reconocido pionero brasileño de la agricultura de conservación a nivel mundial, define al fenómeno de degradación asociado a la práctica de la agricultura basada en labranzas con arado, como “el cáncer del suelo”; en alusión al carácter sistemáticamente destructivo del fenómeno sobre los recursos naturales, principalmente el suelo; y por la forma “traicionera” en que se manifiesta, dejando las áreas de producción con sus medias productivas cada vez menores; causando daños incalculables que no son percibidos (Pereira, 2002). Lo que Pereira destaca con estas definiciones es el daño sistemático, progresivo, y poco evidente –al menos en las instancias iniciales del deterioro - que el sistema de agricultura convencional causa sobre el ambiente.

Además, en la lógica del paradigma de la labranza convencional los problemas que provoca son generalmente resueltos con más labranzas, entrando en un círculo vicioso que va agravando la situación. Por ejemplo, la preparación de la cama de siembra de un cultivo – esto es el estado superficial ideal que un suelo que va a sembrarse debe tener – en un sistema en convencional implica el refinamiento vía laboreos. Sólo así la sembradora convencional podrá realizar una eficiente tarea de de siembra, facilitando la implantación posterior. Sin embargo, ese refinamiento – con ruptura de agregados - hace que el suelo quede susceptible a la erosión y compactación superficial, lo cual ocurre en caso de registrarse en torno a la siembra una

lluvia. La solución de este problema es una nueva labranza que rompe ese encostramiento superficial, pero al mismo tiempo agudiza la susceptibilidad a la erosión y disminuye la estabilidad estructural del suelo. Queda claro, que el sistema de agricultura convencional no ofrece una solución sustentable ambientalmente a los problemas que ella misma genera.

Solbrig (2004) hace un abordaje más amplio de la temática resaltando el impacto que la llamada “Revolución verde”, asociada a las labranzas con arado, tuvo sobre el ambiente. La intensificación de la agricultura de la mano de la “revolución verde” incluyó el uso de genotipos de cereales especialmente adaptados, fertilizantes químicos nitrogenados; incorporación de maquinaria de mayor potencia, sobre todo tractores; uso de agroquímicos para combatir malezas y pestes (Solbrig, 2004). Estas tecnologías que fueron adaptadas en varias partes del mundo han sido muy exitosas en aumentar la producción agrícola al nivel mundial, que ha crecido a una tasa de algo más que 2,2 % anual entre 1960 y 2000 (Fernandez Alés y Solbrig, 2002), y de esa manera ayudó, al menos considerando las cifras totales, a alimentar a la población mundial que se duplicó durante ese período. Para Solbrig las tecnologías originales de la revolución verde no fueron sostenibles debido al impacto negativo de ellas sobre el eje ecológico y el eje social. Las tecnologías de la revolución verde, asociadas a la agricultura convencional, incrementaron la erosión de los suelos, llevaron a la contaminación de acuíferos, redujeron la biodiversidad en las zonas en que se aplicó, sobre todo la biodiversidad de organismos del suelo y de insectos benéficos, y llevó al desempleo rural (Solbrig, 2004). El efecto de la agricultura intensiva sobre el eje social de la sustentabilidad no es tan grave en países desarrollados que no poseen una población campesina minifundista; en esos países el problema principal es el efecto negativo sobre el eje ecológico. En tanto, que en países subdesarrollados el impacto se hace sentir en ambos ejes (Solbrig, 2004).

Bajo esta óptica, y analizando a Argentina, se puede afirmar que si bien este país no es una nación desarrollada, sí posee una agricultura bien desarrollada; destacando que nunca ha habido una población campesina minifundista clásica, especialmente en las zonas donde más se intensificó la agricultura. En consecuencia, el problema principal que afectó al país ha sido el impacto ambiental, tanto de la agricultura extensiva anterior a 1970 como

en la fase de intensificación (Solbrig, 2004). Dentro del eje ambiental, el problema principal ha sido la erosión de los suelos (Senigalesi, 1991; Casas, 1998) que se remontan a la década del 1940; y en menor escala hay evidencias de cierta contaminación de aguas (Costa et al. 1996; Jergentz 2004). Está claro que el impacto de la llamada revolución verde – bajo el paradigma de las labranzas - afectó en Argentina principalmente al eje ecológico, causando – al igual que otros lugares del mundo - degradación principalmente edáfica.

## **2. Hacia una nueva agricultura que maximice la productividad y la conservación del ambiente.**

Analizando la actual encrucijada en que se encuentra la Humanidad entre la necesidad de aumentar en lo inmediato la producción de alimentos en cantidad y calidad, y la imperiosa necesidad de hacerlo sin destruir el ambiente, resulta evidente la importancia de diseñar y ejecutar un modelo agrícola que contemple ambos aspectos. Para ello, resulta fundamental aprender de las experiencias del pasado para no repetir viejos errores, y al mismo tiempo apoyarse en la ciencia y la capacidad de innovación para encontrar nuevas alternativa superadoras.

Conceptualmente, nace una nueva forma de hacer agricultura; aquella basada en la interpretación de la real y amplia oferta ambiental que cada país, región, o paisaje posee; y la adecuación de una estrategia productiva que maximice el uso eficiente de esos recursos disponibles; incorporando aquellos insumos externos limitantes, de manera de maximizar la producción sustentable. En términos energéticos esta nueva agricultura tiende a maximizar la eficiencia de transformación de la energía disponible - ofrecida por los recursos naturales y los insumos externos- y su “almacenamiento” en forma de alimentos, y más recientemente en biocombustibles.

Se trata de una nueva agricultura, basada en la incorporación de los conocimientos que la ciencia genera; principalmente en lo que a ecología, ecofisiología, genética, nutrición y protección de adversidades bióticas y abióticas respecta. Es la nueva agricultura biológica.

## **Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA´s) y la Agricultura Biológica**

Es en este contexto, de una Agricultura Biológica, donde las buenas prácticas agrícolas (BPA´s) adquieren real importancia; ya que son las herramientas que permiten adaptar y ejecutar los nuevos conocimientos y avances tecnológicos al terreno de la producción agrícola de alimentos.

El concepto de BPA´s nace como respuesta a problemas de falta de inocuidad y falta de sostenibilidad en la producción de alimentos. Sin embargo las BPA´s en la actualidad más que un atributo, son un componente de competitividad, que puede permitir al productor rural diferenciar su producto de los demás oferentes, con todas las implicancias económicas que ello supone: mayor calidad, acceso a nuevos mercados, consolidación de los mercados actuales, y reducción de costos, entre otros.

La FAO define a las BPA´s como “la aplicación del conocimiento disponible a la utilización sostenible de los recursos naturales básicos para la producción, en forma benévola, de productos agrícolas alimentarios y no alimentarios inocuos y saludables, a la vez que se procuran la viabilidad económica y la estabilidad social”. La aplicación de las BPA´s implica el conocimiento, la comprensión, la planificación y mensura, registro y gestión orientados al logro de objetivos sociales, ambientales y productivos específicos. Las BPA´s constituyen una herramienta cuyo uso persigue la sustentabilidad ambiental, económica y social de los sistemas productivos agropecuarios, lo cual debe traducirse en la obtención de productos alimenticios y no alimenticios más inocuos y saludables; en un marco de minimización del daño ambiental. O mejor aún, conservando y aún mejorando muchos parámetros y atributos de los recursos naturales involucrados en el proceso productivo; en el caso de la agricultura, principalmente el suelo. Todo ello, sin resentir los rendimientos de los cultivos; por el contrario, teniendo como objetivo su aumento permanente a partir de la incorporación de conocimientos.

Más allá de las definiciones, en el terreno real y considerando a la producción agropecuaria comercial, no es común abordar el tema de las BPA´s desde la óptica de la gestión ambiental y de cómo se afectan los recursos naturales involucrados. Por el contrario, la mayoría de los protocolos y normativas hacen hincapié en la inocuidad y salubridad del producto para el hombre; relegando a segundo plano el impacto de esas

prácticas sobre el ambiente. Por lo tanto, uno de los principales desafíos que actualmente enfrenta la implementación de BPA´s es la profundización del conocimiento y aplicación de prácticas que realmente tengan un impacto negativo mínimo sobre el ambiente; o mejor aún permitan mantener o mejorar muchos atributos de los recursos naturales involucrados en el proceso de producción.

Por otra parte, en el terreno de los agronegocios la implementación de protocolos que contengan a las BPA´s constituyen un desafío y una oportunidad; ya que de su cumplimiento puede que dependa la entrada de sus productos agropecuarios a los mercados con mayor sensibilidad ambiental y creciente exigencia en calidad. O mejor aún, la implementación y certificación de BPA´s de manera proactiva puede generar oportunidades de negocio con agregado y captura de valor. En este sentido, es necesario que los productores agropecuarios comiencen a interiorizarse y capacitarse en estos conceptos, y actúen proactivamente generando sistemas productivos certificables que respondan a las exigencias de inocuidad y salubridad de los productos, y principalmente de una gestión ambiental responsable. Todo ello en un marco de productividad y rendimientos crecientes. Así se estarán alineando los objetivos de incrementar la producción de alimentos y conservar simultáneamente el ambiente, comenzando a dar respuesta al principal desafío que hoy enfrenta la Humanidad.

### **Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA´s).**

Dentro de la producción agropecuaria, los cultivos agrícolas representan una importante proporción desde el punto de vista del uso de la tierra, y de su importancia económica. A continuación se presentan un listado de BPA´s para la producción agrícola que de adoptarse de manera masiva, se espera que ayuden a lograr una producción ambientalmente mucho más sustentable, y se acerquen al concepto de Agricultura Biológica. Al respecto, ya existen experiencias prácticas en este sentido, y más aún en Argentina, país que tiene un importante cúmulo de productores que vienen implementando en sus campos estos conceptos. Las BPA´s en cuestión son:

- Siembra directa.
- Rotación de cultivos.
- Manejo de manejo integrado de plagas.
- Manejo racional de la nutrición vegetal y la fertilización edáfica.

## La siembra directa

Si bien la historia de la agricultura occidental es la historia de la labranza con arado, existen quienes se animaron a desafiar el paradigma reinante, y proponer una nueva agricultura que tenga como eje la no remoción del suelo. A este nuevo modelo productivo se lo conoce como labranza cero, no labranza (no-till o no-tillage, en inglés) o simplemente siembra directa. Esta última denominación es la más conocida y difundida en Argentina. La siembra directa consiste en la implantación de los cultivos sin el uso previo ni posterior de labranzas, mediante la utilización de equipos de siembras que deben tener la capacidad de poder cortar la cobertura superficial del suelo, abrir una pequeña línea de siembra, depositar la semilla en su interior y cerrar el surco abierto. El control de malezas se realiza mediante el ajuste de las rotaciones y la intervención química en momentos específicos. A su vez, dado que no hay laboreo de suelos, y por ende no hay pulsos violentos de mineralización, la estrategia de fertilización debe necesariamente cambiar y adecuarse a las nuevas condiciones edáficas.

Más allá de esta definición, el concepto de siembra directa toma diferentes acepciones o interpretaciones, aún dentro de países referentes o líderes a nivel mundial según su nivel de adopción, como Argentina y Brasil. Por un lado, están quienes la perciben estrictamente como ausencia de laboreo. Es un criterio simple y sencillo que considera siembra directa a toda situación de cultivo que haya sido establecido sin remoción previa del suelo; sin importar otros atributos (como la presencia o no de cobertura de suelo) o la duración en el tiempo de la condición de no-laboreo. Por ejemplo, es común encontrar productores que realizan cultivos de invierno con preparación de la cama de siembra mediante laboreos convencionales, y que luego optan por sembrar el cultivo estival (dentro del mismo año productivo) sin remoción de suelo; sembrando “directamente”. Luego cuando retornan nuevamente al cultivo invernal optan por implantarlo en labranza convencional; es decir labrando el suelo. En este caso, no hay una continuidad temporal de la condición de la condición de no-remoción. Se trata de una visión simplista y cortoplacista del concepto de siembra directa, que la toma estrictamente como una herramienta puntal y ocasional para el logro de una tarea de siembra en tiempo y forma.

Otro ejemplo dentro de esta visión simple de siembra directa es aquella que se da en productores que si bien respetan la continuidad temporal de la condición de no-laboreo, lo hacen como único criterio. El caso más conocido, es el de productores que realizan monocultivo (principalmente de soja) sembrado “directamente” casi de manera indefinida. Bajo esta lógica, si bien se cumple la condición de no disturbar el suelo, este queda la mayor parte del tiempo desnudo, con escasa cobertura, y por ende con muy baja protección frente a la acción erosiva del viento o la lluvia. Por otro lado, la ausencia de sistemas de raíces de diferentes arquitectura (ya que sólo se siembra un mismo cultivo) no favorece que el suelo recomponga su porosidad. La consecuencia final, es un suelo menos poroso, con un deficiente drenaje; más todos los aspectos negativos que se suman a la falta de cobertura.

Generalmente estas visiones simplistas y cortoplacistas sólo ven las ventajas operativas o económicas de la siembra directa; ya que por un lado reducen la cantidad de tareas agrícolas – comparado con labranza convencional – y a su vez el costo que es significativamente menor.

En consecuencia, se puede afirmar que la simplificación de la siembra directa al extremo de percibirla exclusivamente como “ausencia de labranzas” ha llevado, en algunas circunstancias, a errores conceptuales en el manejo de sistemas productivos. En una aproximación por explicar este comportamiento cortoplacista, Romagnoli (2003) afirma que *“pareciera ser que las reglas del mercado imponen un comportamiento empresario en función a los resultados inmediatos, basados en la ecuación costo-beneficios y simultáneamente, alejan al productor del análisis encuadrado en la lógica de la sustentabilidad para lograr beneficios permanentes a través del tiempo. Tal vez, parte de la explicación esté dada porque los tiempos de los procesos biológicos, muchas veces desconocidos y otras subestimados, son diferentes respecto de las necesidades cotidianas del hombre, que, cada vez más acelerado presiona sobre el ecosistema desplazando la banda de equilibrio a un nuevo punto, seguramente de mayor fragilidad”* (Romagnoli, 2003). Retomando los conceptos de Romagnoli se puede conceptualizar que esta conducta observada es un ejemplo de la crisis de compatibilización entre objetivos económicos y ambientales. Coincidente con esta línea de pensamiento, Trucco (2004) destaca que *“concebida como herramienta puntual, la siembra directa no es suficiente para tener*



*adquirir el rótulo de agricultura productiva y sustentable”.*

La existencia de visiones simplificadoras de la siembra directa, también ha llevado a que desde instituciones públicas y privadas –estas últimas conformadas por asociaciones de productores como Aapresid<sup>1</sup>-no sólo se plantee el objetivo de incrementar la superficie bajo siembra directa, sino el hacerlo bajo una visión holística, sistémica e integral, asumiendo la necesaria interpretación de los procesos biológicos, los cuales necesariamente son complejos. En este sentido, Aapresid – ONG que nuclea a productores pioneros en adopción y difusión de la siembra directa en Argentina - se plantea como próximo objetivo extender “*el concepto que no alcanza con dejar de arar, y que esto solo es la llave para ingresar a un sistema de producción que necesariamente implica comprender las causas y efectos de los procesos biológicos asociados a la producción agropecuaria*”. Para sus directivos y asociados, la solución no pasa por establecer un esquema dirigista en el uso y explotación de la tierra, sino por dar a conocer a los actores del mercado las causas y consecuencias del mal uso de la tierra, y especialmente a sus propietarios que son los que en primera instancia van sufrir el efecto económico por la pérdida de capital (Romagnoli, 2003).

Así se llega al un concepto más amplio, sistémico y biológico de la siembra. Se trata de concebir a la siembra directa como un “sistema” productivo, basado en la ausencia de labranzas y en el mantenimiento permanente de los suelos cubiertos por los rastrojos y cultivos. El hecho de percibirla como sistema deja claramente explicitado la existencia de muchos más componentes y sus interacciones, que la simple condición de no laboreo. Por otro lado, agrega una segunda condición que es la presencia permanente de un suelo cubierto. Algo que en apariencia pareciera tan simple, solo se alcanza si a la condición de no laboreo se la acompaña de otras BPA´s como la rotación de cultivos con una ajustada diversidad e intensidad, y un manejo nutricional –vía reposición de nutrientes– que permita mantener en el tiempo la productividad de los suelos.

<sup>1</sup>

AAPRESID: Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa

## **Cambios en las propiedades edáficas por la adopción de la siembra directa como sistema**

Existen números estudios e investigaciones sobre el impacto de implementar un “sistema” de siembra directa sobre las principales características edáficas. Sin intentar hacer un abordaje académicos del tema, en este apartado se explica en un lenguaje sencillo los cambios que ocurren en un suelo con varios años de siembra directa. Se aclara que dichas modificaciones sólo suceden cuando la no remoción se realiza en un marco de rotación de cultivos (con ajustada diversidad e intensidad) y una adecuado manejo de la nutrición vegetal y fertilización del suelo. Por el contrario, el aplicar la siembra directa con una visión simplista, cortoplacista, o como práctica eventual no permite acceder a estos beneficios.

En primer lugar, la implementación continua del sistema de siembra directa tiene como consecuencia el aumento en un volumen superficial del suelo de los tenores de materia orgánica. Según Moraes Sá (1999) en siembra directa deja de existir la capa arable dando lugar a otra capa enriquecida con residuos orgánicos, alterando la dinámica de la materia orgánica y el ciclado de nutrientes. Específicamente, la no roturación del suelo sumado al retorno de los rastrojos estimula a la formación de un volumen superficial de suelo enriquecido en materia orgánica. Es decir, que existe una estratificación de ese “plus” de materia orgánica, ubicada mayormente entre los 5 a 10 centímetros de profundidad, diluyéndose el efecto a mayor profundidad. Un dato no menor es que la contribución de los rastrojos es mayor en las fracciones más oxidables de la materia orgánica (también llamada materia orgánica joven o lábel); es decir, aquella que frente a un factor externo que favorezca una oxigenación violenta del suelo se pierde rápidamente.

En segundo lugar, el tipo de labranza ha demostrado tener un gran efecto sobre la distribución de los residuos y nutrientes en el suelo. Específicamente, la implementación de la siembra directa tiende a mejorar las propiedades biológicas, químicas y bioquímicas de los suelos, y cambia la composición, distribución y actividades de las comunidades microbianas (Montero y Sagardoy, 2001). Estos trabajos demuestran que bajo condiciones de siembra directa y rotación de cultivos existe un efecto positivo sobre la microbiología del suelo superficial. Específicamente

hay un aporte adecuado en cantidad y calidad de residuos orgánicos, que además de promover aumentos en los contenidos de materia orgánica, estimulan a aumentos significativos de los niveles de carbono de la biomasa microbiana. A ello se suma que los suelos con mayor antigüedad en siembra liberan menores niveles de dióxido de carbono. Esto sugiere una protección de la materia orgánica contra el ataque microbiano, favoreciendo el secuestro de carbono en el suelo (Montero y Sagardoy, 2001).

Finalmente, el mayor, más rápido, y evidente impacto de la adopción de la siembra directa sobre las propiedades del suelo se da en la porosidad edáfica. Según Gil (2001), de todas las propiedades del suelo, la porosidad es tal vez la más fácil, frecuente y ampliamente alterada por las operaciones de labranza o manejo sin laboreo. De aquí se desprende entonces, que el conocimiento del funcionamiento estructural del suelo, y de cómo se puede alterar y modificar es de altísima importancia en sistemas agropecuarios. En el caso específico de la siembra directa, la no remoción, la descomposición de raíces y la deposición de residuos orgánicos en superficie favorece a la regeneración permanente de poros estables. A ello se suma la acción de lombrices, gusanos e insectos en general con la construcción de galerías. Estos macroporos –a diferencia de los generados por la labranza– son continuos, menos tortuosos y más estables; siendo responsables del rápido ingreso y movimiento del agua en el suelo, de favorecer su aireación y de brindar un hábitat favorable para el crecimiento de las raíces.

Esta mejora en las propiedades físicas del suelo, sumado a la presencia de cobertura en superficie permite hacer un uso más eficiente del agua, un bien cada vez más preciado. Específicamente, un suelo con cobertura y sin remoción disminuye la escorrentía superficial y los riesgos de erosión asociados, lo cual da más tiempo para que el agua ingrese al perfil del suelo. Sumado a ello, la macroporosidad generada permite un rápido drenaje (en función a la textura de cada suelo) facilitando el almacenaje en todo el volumen de suelo explorable por las raíces de los cultivos. Finalmente, la presencia de cobertura disminuye las pérdidas de agua por evaporación directa, y protege a la estructura del suelo del impacto de las gotas de lluvia. Todo redundando en más agua disponible para los cultivos y menos pérdidas; en síntesis un uso más eficiente del recurso generalmente más escaso, el

agua.

No menos importante es el aporte que la siembra directa hace en la creación y captura de valor en términos económicos. Específicamente, la adopción de este sistema de producción – visto con un enfoque amplio y sistémico – permite subir los pisos de rendimientos mínimos (brindando mayor estabilidad en la producción), y a la vez permite subir los rendimientos máximos (aprovechando los años con mejores precipitaciones). Todo ello, en un contexto de disminución o mantenimiento de los costos productivos, comparado con sistemas en convencional. El resultado final es una mayor rentabilidad para las empresas que adopten esta tecnología. Todos estos resultados quedan finalmente evidenciados en el aumento del PBI agropecuario (Gráfico 1); dando evidencia de la creación de valor económico de la siembra directa como sistema; aclarando que junto al crecimiento de la superficie en siembra directa se produjo la aparición de otras innovaciones incluidas mayoritariamente en este sistema que apalancan este efecto (Gráfico 2).

### **Siembra directa como herramientas versus como sistema: Ejemplos teóricos.**

Para una mejor comprensión de estos conceptos resulta interesante analizar algunos ejemplos. El primer caso propuesto es analizar a un productor que realiza monocultivo de soja. Como quedó explicitado en párrafos anteriores, sólo cumple con la condición de no arar, pero tendrá un suelo desnudo, sin cobertura, y con deficiente drenaje producto de una disminución de la porosidad. El hecho de tener un único cultivo por año, de escasa cantidad de aporte de rastrojos hace que el suelo tenga una cobertura muy baja. Sumado a ello, la calidad de ese rastrojo (dada principalmente por su relación C/N) hace que su duración temporal sea baja. En consecuencia, la mayor parte del año, el nivel de cobertura de suelo estará por debajo del 50%. Por otro lado, las raíces de este monocultivo siempre exploran el mismo volumen de suelo y generan por su descomposición un único tipo de poro. La combinación de baja cobertura superficial y escasa capacidad de regeneración de poros hace que el ingreso y drenaje del agua sea deficiente.

Ahora, si ese campo ingresa a un esquema de rotación, con inclusión de trigo y cebada en invierno y maíz y soja en verano, se puede aspirar a revertir la situación negativa

descripta. Por un lado, al incluir gramíneas (trigo, cebada y maíz) y aumentar la frecuencia de cultivos, el volumen de rastrojo aportado crece sustancialmente; tratándose, además, de un rastrojo de menor velocidad de descomposición dada su alto contenido en lignina e hidratos de carbonos estructurales. La consecuencia, será una mayor cobertura del suelo y más duradera. Sumado a ello, los sistemas radiculares de las gramíneas son muy abundantes y en cabellera, a lo que se suma la capacidad exploratoria en profundidad diferencial de cada especie. Al ir descomponiéndose las raíces van reconstituyendo la porosidad perdida, lo cual mejora el drenaje del agua y redonda en un mejor ambiente para el desarrollo de los cultivos siguientes. Finalmente, para que las gramíneas produzcan granos y rastrojos (incluidas las raíces) de manera importante, es necesario ajustar la estrategia de fertilización, de manera de aportar y reponer los nutrientes que se extraen todos los años con los granos. Se entra así en un círculo virtuoso de mayores rendimientos y mejora de la fertilidad edáfica perdida. Y en definitiva, sólo así se accede a los beneficios del sistema de siembra directa; quedando en claro que no basta con no labrar el suelo, sino que también hay que mantenerlo cubierto. Y para ello es fundamental, acompañar al no laboreo con prácticas como la rotación de cultivos y el manejo de la nutrición de cultivos y del suelo.

Otro ejemplo que ayuda a comprender la complejidad del sistema consiste en analizar el impacto de realizar un laboreo ocasional o de salirse del esquema de rotaciones. Si se retorna a una situación de monocultivo sin remoción, poco a poco caerá la cobertura, y el suelo vuelve a estar desnudo expuesto a la erosión hídrica y eólica. A ello se suma que el volumen de raíces aportadas anualmente cae y se empieza a perder porosidad en el suelo, disminuyendo el drenaje. Pierde el ambiente y pierde la producción. Otra situación semejante se da, si por algún motivo se vuelve a introducir la arada como componente del sistema productivo, por más ocasional que sea. Si algunos de los cultivos de la secuencia reciben recurrentemente la preparación de la cama de siembra vía el refinamiento del suelo por labranzas convencionales, se desencadena el siguiente proceso:

- a) Luego de cada labranza se producirá una oxigenación violenta del suelo que estimulará la mineralización de la materia orgánica. Como una importante proporción es lábil rápidamente se oxidará, dando como resultado una disminución de los tenores

- de materia orgánica en el suelo.
- b) La cobertura aportada por los rastrojos disminuirá drásticamente con los perjuicios en protección del suelo, al igual que su efecto sobre el mantenimiento de la humedad.
  - c) El sistema de macroporos continuos que habían sido generados por la actividad de raíces, lombrices e insectos son destruidos (producto de cada arada) y reemplazados por espacios no continuos e inestables ocasionados por las labranzas con consecuencias negativas sobre la dinámica de ingreso y movimiento de agua en el suelo.
  - d) Se afectará marcadamente la estabilidad del ambiente edáfico, con variaciones bruscas de temperatura, humedad y oxígeno, lo cual afectará a las poblaciones de microorganismos del suelo.

Y lo peor, es que toda la ganancia en materia orgánica, porosidad, estabilidad estructural, y biodiversidad edáfica que se había logrado con años de implementar un sistema de siembra directa se derrumba rápidamente y costará varios años recuperarla.

Esta descripción y análisis dan una rápida pero clara idea de los beneficios de utilizar a la siembra directa, no como práctica eventual o con visión simplista, sino con un enfoque sistémico.

El “sistema de siembra directa” puso en marcha un nuevo paradigma en la agricultura, que promete ayudar a superar el problema de la erosión y degradación de los suelos. Al estado del conocimiento actual, se vislumbra como la alternativa productiva que mejor conjuga los intereses-muchas veces contrapuestos – de alcanzar una producción económicamente rentable para las empresas, ambientalmente sustentable, y socialmente aceptada. Sin embargo, se accederá a todos los beneficios siempre que se comprenda la complejidad de los agroecosistemas en los que el productor trabaja, y se respeten los tiempos de los ciclos biológicos por sobre las urgencias que exige la rentabilidad inmediata.

### **Adopción mundial de siembra directa.**

Se estima que la siembra directa -considerando todas sus acepciones- se realiza en

más de 90 millones de hectáreas a nivel mundial. Aproximadamente, el 45 por ciento de esta tecnología se practica en América Latina, el 41 por ciento en los Estados Unidos y Canadá, el 10 por ciento en Australia y el 3,6 por ciento en el resto del mundo, incluido Europa, África y Asia (Derpsch y Benites, 2004).

A pesar de ser el país con mayor superficie en siembra directa, es interesante notar que en Estados Unidos este sistema apenas cubre el 21 por ciento del área agrícola cultivada. En Brasil, la SD representa aproximadamente el 50 por ciento, y en Argentina y Paraguay el 60 por ciento o más. Es interesante destacar que en más del 90 por ciento del área cultivada en SD en Brasil, Argentina, Bolivia, Paraguay y Australia, se la realiza de manera permanente; es decir, sin la presencia ocasional de labranzas. En tanto, que ello ocurre sólo en el 25 por ciento de la superficie en SD de Estados Unidos (Derpsch y Benites, 2004).

En América del Sur, se puede afirmar que la SD es la tecnología más importante adoptada en el MERCOSUR ya que a inicios de la década de 1970 el área en SD era irrelevante, y el 1999 ya era usada en 20 millones de hectáreas (Ekboir, 2001). En Argentina las últimas estimaciones sobre superficie en siembra directa arroja un total de 18 millones de hectáreas (Aapresid, 2007. Comunicación personal). Es decir, que el 25% de la siembra directa mundial se encuentra en Argentina. Para Javier Ekboir (2001) en Argentina durante la década del 90 se produjeron cambios en que facilitaron la difusión de la siembra directa. Específicamente, a partir de 1993 se dieron 4 factores que contribuyeron a este fenómeno: el paquete tecnológico (maquinaria, herbicidas, y fertilizantes) estaba finalmente adaptado a las condiciones imperantes en la región pampeana; el precio del glifosato – insumo estratégico para la siembra directa - cayó de 40 dólares a comienzo de los 80 a menos de 10 dólares por litro de producto formulado en 1992; Aapresid desarrolló un programa de difusión muy eficiente, y las condiciones económicas luego del paquete de estabilización redujeron los márgenes de ganancia de los productores agropecuarios, forzándoles a adoptar tecnologías más eficientes (Ekboir, 2001). Así la superficie en siembra directa paso de unas pocas hectáreas a fines de los '70 a mas de 16 millones en 2003 (Tabla 1).

Sin embargo, las estadísticas argentinas pueden ser un tanto engañosas.

Específicamente de las 18 millones de hectáreas contabilizadas como “siembra directa”, algo más del 50 por ciento corresponde a hectáreas cultivadas bajo una visión simplista, que solo la toma como una herramienta tecnológica puntual (Romagnoli, 2005; comunicación personal). De allí que instituciones como Aapresid y el INTA se esfuerzan por difundir no sólo la siembra directa sino el conjunto de BPA´s asociadas que debe realizarse para acceder a planteos sustentables.

### **La rotación de cultivos**

Otra de las BPA´s de conocido efecto positivo sobre la conservación del ambiente y el aumento de la productividad es la rotación de cultivos. Se entiende por rotación a la alternancia de diferentes cultivos en el tiempo y el espacio; esto es cambiar diferentes especies vegetales en un mismo lote a través de los años, y a la vez cultivar diferentes especies en distintos lotes de un establecimiento productivo durante la misma campaña.

El realizar rotación de cultivos, implica una planificación de la secuencia a implantar en cada ambiente en particular. Por lo tanto, deberán considerarse no solo objetivos inmediatos, sino además otros de largo plazo; de manera que la secuencia de cultivos produzca efectos favorables en el sistema, proporcionando mayor estabilidad de producción, aumento de la capacidad productiva del suelo y el consecuente aumento de la rentabilidad en el sistema agrícola como un todo.

Así diseñada y ejecutada la rotación de cultivos presenta ventajas desde el punto de vista agronómico y empresarial. Específicamente, permite una diversificación de los riesgos productivos, ya que las condiciones ambientales pueden ser desfavorables para un cultivo, pero es poco probable que lo sea para los demás cultivos integrantes en la rotación, que están sembrados en otros lotes. Se logra así disminuir el riesgo medio de la actividad, máxime si ello se combina con estrategias de coberturas de precio y climáticas (Lorenzatti et al, 2003).

Según Calegari (1998) los esquemas rotacionales dependen de la región en cuestión, del tipo de suelo y clima, del manejo realizado, de las características de los lotes y de la infraestructura de la propiedad. Por ejemplo, en áreas caracterizadas por bajos tenores de materia orgánica la rotación de cultivos podría apuntar a la mayor adición de compuestos



que presenten cadenas carbonadas más complejas, con mayores tenores de lignina, celulosa y hemicelulosa, para aumentar esos niveles. Al mismo tiempo los cultivos seleccionados tendrán que adaptarse a las condiciones específicas de fertilidad de cada lote. Otra situación puede darse cuando el suelo presenta un elevado índice de desagregación de las partículas. En esta situación podría priorizarse la inclusión de gramíneas en la rotación, cuyo sistema de raíces fasciculadas promueve mayor agregación y estructuración del perfil. Del mismo modo, ambientes con problemas de compactación leve o media deberán recibir alternadamente plantas con raíces pivotantes con potencial de descompactación y otras con en cabellera, para revertir rápidamente la situación adversa (Calegari, 1998). Estos ejemplos sirven para ilustrar que la secuencia de cultivos es una excelente herramienta de manejo que puede utilizarse con el propósito específico para revertir situaciones adversas o bien para mejorar o mantener la productividad del recurso suelo.

Otra de las ventajas agronómicas de la alternancia (espacial y temporal) de cultivos es el efecto inhibitorio sobre muchos patógenos. Es decir, que el agente causal de enfermedad al no encontrar el hospedante adecuado (planta a la cual infectar) ve interrumpido su ciclo y no tiene oportunidad de prosperar, disminuyendo la cantidad de inóculo presente en el lote. Con las malezas y los insectos ocurre algo similar. Al ir modificando anualmente el ambiente estos organismos no encuentran un nicho estable que permita un aumento importante de su densidad poblacional. En consecuencia, malezas y plagas se mantienen en niveles que no comprometen el éxito del cultivo con un manejo integrado. Ello se debe complementar con el concepto de rotación y mezcla de principios activos de diferente mecanismo de acción tanto en herbicidas como en insecticidas (Lorenzatti et al, 2003).

Desde el punto de vista de la fertilidad química de los suelos, las rotaciones hacen un uso balanceado de nutrientes, comparado con el monocultivo, evitando desequilibrios químicos de importancia. Si ello se complementa con una fertilización que contemple las diferentes necesidades de cada cultivo, habrá respuestas económicas favorables y se mantendrá el potencial productivo de los suelos.

Las rotaciones también influyen en las condiciones físicas y bioquímicas del suelo. En el aspecto físico, los distintos sistemas radiculares de los cultivos exploran diferentes

estratos del perfil, permitiendo una colonización del suelo con raíces, de diferente arquitectura. Debido a esto, cada tipo de raíz genera una clase determinada de poros, los cuales según su tamaño tendrán funciones de aireación, ingreso del agua al perfil, almacenamiento, o funciones mixtas. Al descomponerse las raíces por actividad de los microorganismos quedan formados poros, los cuales presentan estabilidad y continuidad espacial, favoreciendo una buena dinámica de aire y agua (Lorenzatti et al, 2003). Respecto a los aspectos bioquímicos, la rotación de cultivos favorece obtener un balance neutro o positivo de carbono, comparado con el monocultivo.

En el plano biológico las ventajas de la rotación de cultivos son también evidentes. Específicamente, en los primeros centímetros del suelo existe una gran actividad y diversidad biológica responsable en buena parte de la mineralización, formación y reciclado de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes. La rotación de cultivos con los diferentes aportes en cantidad y calidad de rastrojo brinda el sustrato del cual se nutrirán los microorganismos, haciendo que exista un equilibrio de sus poblaciones similar a lo que ocurre en ambientes naturales; aunque con predominio de otras especies adaptadas a los agroecosistemas.

*Ajuste de la intensidad de la rotación.* Otro aspecto importante al plantear la rotación es ajustar su intensidad a la realidad climática y productiva de cada zona, principalmente a la disponibilidad de agua. La intensidad hace referencia a la cantidad de cultivos en un período de tiempo. La rotación será más intensa cuantos más cultivos se realicen en un número determinado de años. Hay que encontrar la intensidad adecuada, ya que si la misma es baja se estarán desaprovechando oportunidades de obtener mayor rentabilidad y no se utilizaría toda el agua almacenada. Por el contrario, si la intensidad es excesiva los riesgos productivos serán altos, ya que para las condiciones promedio de la zona el agua no será suficiente para obtener altas producciones en todos los cultivos (Lorenzatti et al, 2003). En definitiva, la intensidad de rotación es la herramienta para ajustar la secuencia de cultivos a la oferta ambiental. Un buen ajuste de la intensidad de rotación permite ser eficientes en el uso de recursos, maximizando la producción en función a la oferta ambiental; lo cual también es esperable que redunde en mejores resultados económicos para la empresa.

Por ejemplo, para la región de Monte Buey (sudeste de Córdoba), Romagnoli

(comunicación personal) comparó dos esquemas rotacionales, estándar e intensivo, incorporando un factor extra de análisis: el manejo de la nutrición. Específicamente, evaluó una rotación típica trigo/soja-maíz-soja de primera, versus una rotación intensiva basada en dobles cultivos anuales incluyen trigo y cebada en invierno, en combinación con cultivos de segunda como sorgo, maíz, girasol y soja. Mientras la rotación estándar tiene una intensidad de 1,33 (resultando de dividir cuatro cultivos en tres años), la intensiva tiene una intensidad igual a 2 (dos cultivos por año). A su vez cada rotación posee diferentes tratamientos de fertilización con N, P, S, Ca, Mg y micronutrientes. Luego de 9 años, la rotación estándar (con 11 cultivos realizados) sin fertilización tuvo una producción promedio anual de 5500 kg/ha; en tanto que la fertilizada ascendió a 8800 kg/ha. Pero lo más impactante es el efecto de la intensificación de la rotación. Así, mientras la rotación intensiva (14 cultivos en 9 años) sin fertilizar tuvo producciones promedio anuales de 5000 kg/ha; el tratamiento con fertilización completa tuvo rendimientos de 10.000 kg/ha. Es decir, el doble de la rotación estándar sin fertilizar y 12% más que la rotación estándar fertilizada. A lo que hay que sumar un impacto positivo sobre el recurso suelos por aumento de materia orgánica. Queda en claro que rotación y fertilización son herramientas que permiten aumentar la productividad y conservar el ambiente.

*Cultivos de cobertura.* Dentro del tema rotación de cultivos, resulta clave mencionar a los cultivos de cobertura y a los intercultivos como dos expresiones tecnológicas que han retomado una dimensión importante en muchos planteos tecnológicamente de avanzada en el campo argentino.

En el caso específico de los cultivos de cobertura, se trata de cultivos que se siembran en una ventana de tiempo y espacio, normalmente no ocupado por otro cultivo de cosecha. El CC no se realiza con el objetivo de obtener granos; por el contrario, su inclusión apunta a mejorar condiciones edáficas, esperando que ello redunde en mejores condiciones y rendimientos para los cultivos siguientes en la rotación. Al respecto, un interesante caso es el conducido por Rodolfo Gil especialista del INTA Castelar en ambientes del norte argentino, puntualmente en el Chaco semiárido y Formosa. Esa vasta región del país se caracteriza por tener una evapotranspiración potencial alta, lo cual hace que sea una zona semiárida a pesar de llover 800 milímetros; con una evapotranspiración potencial anual superior a los 1500 milímetros. El desafío que se planteó Gil fue el de

augmentar la eficiencia de uso del agua – esto es lograr mayor producción de biomasa por milímetro de agua - en un contexto de sustentabilidad ambiental de la producción; para lo cual la rotación fue la herramienta clave. El planteo rotacional evaluado por Gil apunta a consumir la mayor cantidad de agua disponible, lo cual derrumba viejos conceptos. Por mucho tiempo se sostuvo que para almacenar agua era importante tener largos períodos de barbechos limpios (sin malezas). Bajo este razonamiento durante este período sin cultivos el suelo se iba recargando con las lluvias, llegando con el perfil bien provisto de agua al momento de la siembra del siguiente cultivo. Según Gil (2007; comunicación personal) lo que no se tenía en cuenta era la eficiencia de ese barbecho; o dicho de otra manera, cuanto agua se perdía por evaporación directa durante el barbecho. Según sus experiencias, las eficiencias en la región norte en lotes con siembra directa pero mal rotados – y por ende con poca cobertura – no supera el 20%. Esto significa que se pierden 8 de cada 10 milímetros llovidos. En consecuencia, la estrategia que se plantearon fue transformar esos milímetros improductivos en biomasa, incluyendo cultivos de cobertura (CC) en ventanas de tiempo normalmente desocupadas. Como ventaja adicional, al secar químicamente el CC se mejora la captación e ingreso al suelo del agua de lluvia; y por otro lado, al haber alta cobertura se corta la evaporación. Los resultados muestran que con CC hay más agua para el cultivo siguiente, con iguales o mejores rindes, y principalmente con aumento significativamente mayores de carbono al suelo.

Finalmente, el monitoreo y control continuo de las áreas con rotación de cultivos es fundamental para el propio éxito del sistema. Así las especies a ser incluidas en la rotación deberán ser criteriosamente seleccionadas, de acuerdo con las condiciones ambientales y de cobertura de suelos prevalecientes. Resulta lógico entonces, pensar en secuencias más o menos estables ajustadas a la oferta ambiental, apuntando a maximizar la producción y mantener la productividad del suelo. Sin embargo, ello no debe atar al productor, como si fuese una receta inamovible. Por el contrario, más que establecer una secuencia determinada y mantenerla indefinidamente en el tiempo, es preciso censar y monitorear las condiciones de suelo, a lo largo de los años, para asegurar el éxito de un sistema de rotación de cultivos. Del mismo modo, es importante ir testeando y ajustando nuevas secuencias, inclusión de nuevos cultivos o diferentes ventanas de cultivos, en función a los avances en el conocimiento y en las nuevas oportunidades de negocios.

La rotación de cultivos es una de las principales prácticas agrícolas con beneficios ambientales conocidos y comprobados; siendo deseable que se la incluya en todo listado o guía de BPA's.

### **Manejo integrado de plagas (MIP)**

El uso de plaguicidas con fines de reducir los daños causados por plagas en la actividad agrícola tuvo un crecimiento exponencial en las últimas décadas, creándose una dependencia casi total en los métodos químicos de protección. Los efectos colaterales negativos del uso desmedido de los plaguicidas están afectando la salud humana en forma de intoxicaciones agudas y crónicas en las poblaciones. Los efectos sobre el ambiente también son serios, comprometiendo la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. A partir de la intensificación de las fallas del enfoque unidimensional (control químico) se reconoció que era necesario un enfoque multidimensional con una visión agroecológica del problema. Este nuevo enfoque es representado por el Manejo Integrado de Plagas (MIP), que fue tal vez el primer gran logro en la operacionalización del enfoque sistémico en la producción agropecuaria (Cobbe, 1998).

En este contexto, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNCED) celebrada en Río de Janeiro en 1992, el MIP fue específicamente mencionado en la Agenda 21, capítulo 14, como forma eficiente para disminuir el efecto negativo de las actividades agrícolas sobre el ambiente, garantizando la continuidad del proceso de producción de alimentos y fibras. Específicamente, el Manejo Integrado de Plagas (MIP) consiste en: *“la utilización de varias tácticas de manera ecológicamente compatible con el objetivo de mantener poblaciones de artrópodos, patógenos, nematodos, malezas y otras plagas, en niveles por debajo de aquellos que causan daño económico, al mismo tiempo que aseguran protección contra daños al hombre y al ambiente”* (FAO, 1998).

El MIP procura reducir los problemas fitosanitarios a través de la utilización de diversas tácticas, considerando factores económicos, sociales y ambientales, optimizando el control en relación a todo el sistema de producción de una especie cultivada. Las principales tácticas, utilizadas en combinaciones diferentes conforme la

situación de cada cultivo en cada localidad, incluyen los controles genético, filogenético, cultural, biológico, etológico, físico, legal y químico (Cobbe, 1998).

Respecto al usos de plaguicidas (manejo químico) la FAO (2002) sostiene que las *“BPA´s en el uso de plaguicidas incluye los usos recomendados oficialmente o autorizados a nivel nacional, en las condiciones existentes, para combatir las plagas de manera eficaz y confiable. Abarca una variedad de niveles de aplicaciones del plaguicida hasta la concentración más elevada del uso autorizado, aplicada de tal manera que deje el residuo más bajo posible”*. Esta definición es por demás importante ya que contiene elementos fundamentales para poder desarrollar recomendaciones de BPA que sean aplicables por los productores.

En primer lugar, en un país como la Argentina donde la producción agropecuaria tiene mucha magnitud e importancia, es imprescindible el desarrollo de un sistema oficial de registro que asegure la calidad, efectividad e inocuidad de los productos fitosanitarios que se aplican sin perder de vista cuestiones fundamentales para la salud humana como son la toxicidad y los límites máximos de residuos tolerables en alimentos, así como la preservación del ambiente (ecotoxicidad).

Lentamente, se está cambiando el concepto de “eliminar” una plaga por el de “mantenerla por debajo del nivel de daño económico”. Es imprescindible lograr que se utilicen productos provenientes de empresas reconocidas en el mercado, adecuados para controlar la plaga, maleza o enfermedad problema sin afectar al resto de las especies “no blanco” y realizar monitoreos a campo, previamente a la toma de decisión de aplicar alguna medida de control químico.

Con referencia al control químico convencional, es importante destacar el hecho de que, en los últimos años y, como resultado de los avances logrados en la investigación y el desarrollo de nuevas moléculas, éstas presentan niveles de toxicidad cada vez menores, se los aplica en concentraciones también menores y en lugar de tener un amplio espectro de control son cada vez más específicos, controlando sólo a las plagas objetivo sin afectar al resto.

En el caso de la protección de los consumidores, como resultado de la aplicación,

es fundamental considerar el tiempo de carencia del producto y de cada cultivo. Este es el tiempo mínimo que debe transcurrir entre la última aplicación de un agroquímico y el momento de cosecha, para que el nivel de residuos en los vegetales cosechados esté por debajo de las tolerancias admisibles. Los residuos son partes de un compuesto químico que después de su descomposición o degradación, se pueden encontrar en el suelo, agua, plantas, aire o alimentos. Los límites máximos de residuos admisibles, o tolerancias, son los niveles de residuos máximos permitidos por los organismos y las directivas nacionales e internacionales en los alimentos de consumo humano o animal.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es el almacenamiento de los productos fitosanitarios que debe realizarse guardando todas las precauciones de seguridad necesarias como para prevenir efectos indeseados para las personas o para el ambiente. Debe existir algún sistema especializado que permita certificar, en los depósitos de productos fitosanitarios, el cumplimiento de estrictas normas de seguridad basado en estándares internacionales y de procedimientos de emergencias. En Argentina, CASAFE<sup>2</sup> está implementando el programa “Depósito ok”

Es también necesario establecer pautas adecuadas para la realización de un transporte seguro de estas sustancias que son potencialmente peligrosas, contemplando además todos los procedimientos a seguir en caso de accidentes (derrames o incendios).

Especial atención se debe poner en todos los temas relacionados con la salud del trabajador. En aspectos de prevención, es importante tener en cuenta que el peligro potencial de los productos fitosanitarios no desaparece con el uso de los elementos de protección personal, sino que debe ir acompañado de procedimientos de trabajo seguros. La política de prevención requiere del compromiso, capacitación y entrenamiento tanto del nivel gerencial como operativo de la empresa agropecuaria.

<sup>2</sup> CASAFE: Cámara Argentina de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes

También es importante la protección del ambiente, debiendo tenerse en cuenta que, para su preservación, se debe realizar una correcta calibración de los equipos de aplicación priorizando realizarla en las condiciones ambientales más favorables, así como contemplar el destino y tratamiento de las aguas residuales de una forma segura y ecológica y de la disposición final de los envases vacíos de agroquímicos. En Argentina CASAFE comenzó a implementar con buenos resultados un programa, denominado Agrolimpio, tendiente al reciclado de los envases de agroquímicos, lo cual es un importante avance en esta materia.

Es necesario conseguir una elevada eficiencia en las aplicaciones de productos fitosanitarios en todos aquellos tratamientos realizados a partir de decisiones agronómicas razonadas. Esta exigencia se debe basar en varios aspectos claves como son la minimización las dosis aplicadas por unidad de superficie cultivada, mejorando la distribución sobre el objetivo que se pretende proteger, la limitación de los efectos contaminantes de los tratamientos reduciendo las pérdidas por deposición de productos sobre el suelo o por desplazamiento lateral más allá de la superficie objetivo, acotar el riesgo que pueden representar para el aplicador las operaciones de pulverización, minimizar los niveles de residuos químicos sobre los productos agrícolas mediante la aplicación realizada de acuerdo a las instrucciones del fabricante y la implementación de todas las Buenas Prácticas de Aplicación de fitosanitarios, que engloban a las actuaciones anteriores.

### **El manejo racional de la nutrición vegetal y la fertilización edáfica**

La región pampeana es definida a nivel mundial como una de las regiones más ricas del planeta, en donde se pueden realizar diferentes actividades agrícolas. Sin embargo el proceso de agriculturización que se asoció en un principio a una mecanización intensa, tuvo como consecuencia la pérdida de fertilidad de los suelos. Hace veinte años, no se pensaba en reponer los nutrientes del suelo, porque supuestamente alcanzaba con la fertilidad natural de los suelos. La contracara es que en la actualidad hay un aumento en la frecuencia a la respuesta a nutrientes que por aquellas épocas no se pensaba en reponer (Salvagiotti, 2004).

Las altas tasas de exportación de nutrientes han provocado disminuciones dramáticas en los contenidos de materia orgánica y disponibilidad de los diferentes



nutrientes. Un buen método para evaluar la fertilidad química del suelo – y analizar si el manejo que recibe es compatible con su clasificación de recurso renovable - es el balance de nutrientes. Este se estima como la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entran y que salen de un sistema definido en el espacio y en el tiempo (García, 2003). En Argentina, existen balances de nutrientes negativos para la Región Pampeana. Específicamente, en el período 1996-2001 se aplicó el 29%, 45%, 1% y 9% del nitrógeno, fósforo, potasio y azufre exportados por los cuatro principales cultivos - maíz, trigo, soja y girasol. Es importante tener en cuenta que este desbalance implica una remoción de nutrientes del suelo por un valor de U\$S 1141 millones por año (García, 2003). En consecuencia, cualquier estrategia de fertilización que apunte a ser sustentable debe tener en cuenta el incorporar – al menos – los nutrientes que anualmente son exportados con los granos. Existiendo incluso situación en las cuales, la fertilización no sólo deba contemplar el balance cero de nutrientes, sino el balance positivo en alguno de ellos de manera de recuperar los perdido con años de expoliación de nutrientes del suelo.

Vista con este enfoque integral la fertilización de los cultivos no solo permitirán un mayor retorno económico en el corto plazo, sino que una planificación racional de la fertilización permitirá ir incrementando el nivel de nutrientes de más difícil reposición (Salvagiotti, 2004), compatible con un producción sustentable.

### **Fertilización y riesgo de contaminación de napas**

La búsqueda permanente de una ajustada estrategia de fertilización no invalida que se tomen las precauciones necesarias para no caer en viejos errores, como lo es la contaminación de napa y acuíferos por un uso excesivo y poco eficiente de fertilizantes. A título de referencia el 40% de los condados en los Estados Unidos contienen niveles altos de nitratos en el agua y en un 10% el nivel es tan alto que el agua ya no se puede tomar (Solbrig, 2002).

En Argentina la contaminación de napas por un manejo ineficiente de la estrategia de fertilización es un tema poco estudiado. Sin embargo, existen reportes de contaminación de napas, principalmente con nitratos. Al respecto, es bueno señalar que el nitrógeno posee diferentes vías de pérdidas del sistema suelo, tales como volatilización, desnitrificación, y

lixiviación; siendo las dos primeras vías de baja magnitud y no explicarían las pérdidas totales de N (García et al, 1999; Sainz Rosas *et al.*, 2001). Es decir que la lixiviación sería el proceso más importante de pérdida de nitrógeno del suelo, con potencial riesgo de contaminación de napas. Al ser un nutriente móvil, el nitrógeno en forma de nitrato, si no es capturado y absorbido por las raíces de los cultivos puede llegar al agua subterránea, denominándose a este proceso lixiviación.

En Pergamino (Buenos Aires), el acuífero pampeano típico de ese partido, está poco contaminado con nitratos pese a estar ubicado en una zona de alta producción de granos (Andriulo *et al.*, 2002). Estos resultados probablemente se deban a las características edafoclimáticas y el sistema de cultivo implementado hasta el momento. Sin embargo, la agricultura intensiva reciente plantea interrogantes con respecto a la contaminación. En Balcarce, al sur de Buenos Aires, Costa et al (2002) encontraron que muchas muestras de agua obtenidas del acuífero freático de la Cuenca Alta del Arroyo El Pantanoso, superaban los límites aceptados de concentración de nitratos en agua para consumo humano, con una marcada variabilidad espacial y temporal. Las áreas con altas concentraciones de nitratos ( $> 10 \text{ mg l}^{-1}$ ), generalmente estaban localizadas en zonas agrícolas; en tanto que las menores lo hacían donde predominaba una ganadería extensiva (Costa *et al.*, 2002).

Analizando una región semiárida como La Pampa, Montoya *et al.* (1999) realizaron diferentes estudios concluyendo que la fertilización con urea en altas dosis provocó aumentos de concentración de nitratos en las capas más profundas del perfil. Estos elevados contenidos de nitratos durante el barbecho podrían lixiviarse y atravesar la tosca por grietas, principalmente si se registran altas precipitaciones.

En 2003, Rimsky-Korsakov *et al.* encontraron que la cantidad de nitrato lavado fue similar en los suelos de Alberti (Hapludol típico) y Pergamino (Argiudol típico), y dependiente del régimen de lluvias y del rendimiento del cultivo; sin detectar efecto del riego complementario al cultivo. Los autores suponen que este proceso podría no ser continuo en el tiempo, sino que durante periodos secos hay acumulación de nitrato en el perfil y luego podría perderse durante los periodos húmedos. Finalmente, en el norte del país, específicamente en Santiago del Estero, Angella et al (2000) encontraron que la concentración de nitrato en el agua freática se mantuvo por encima del máximo aceptable

por el Código Alimentario Argentino ( $45 \text{ mg l}^{-1} \text{ NO}_3$ ) durante toda la campaña del cultivo de algodón fertilizado y bajo riego.

Ahora bien, para que suceda el proceso de lixiviación de nitratos causante de la contaminación de acuíferos deben ocurrir dos condiciones simultáneamente, como son: la presencia de nitratos en la solución del suelo, y una cantidad suficiente de agua capaz de arrastrarlos hasta la profundidad de la napa. La presencia de nitratos puede darse tanto por el natural proceso de mineralización de la materia orgánica, como por el agregado de fertilizantes nitrogenados. A su vez existen factores como la permeabilidad y profundidad efectiva del suelo, su contenido de materia orgánica, el tipo e intensidad de laboreo, y el régimen de precipitaciones y riego que influyen sobre este proceso. Al respecto, suelos de textura gruesa, profundos y bien drenados, ubicados en zonas lluviosas tendrán más riesgo potencial de lixiviación. En el caso de la siembra directa, algunos trabajos indican que la presencia de canales (macroporos) estabilizados se convierten en espacios de flujo preferencial que pueden transportar la solución del suelo hasta la napa. A ello se suma la mayor disponibilidad de agua, por mejor captura y su mejor circulación.

Sin embargo, estos factores adversos pueden disminuirse con prácticas de manejo adecuadas. Específicamente, resulta muy apropiado tanto para la productividad de un cultivo, la eficiencia en el uso del recurso (en este caso nitrógeno) y el menor riesgo de contaminación, el hacer coincidir los momentos de mayor aporte de nitratos a la solución del suelo, con los de mayor consumo por parte del cultivo. De esta manera, se disminuye drásticamente la cantidad de nitratos disponibles libres en la solución del suelo, que potencialmente se pueden lixiviar. En tal sentido, prácticas como la fertilización en cuarta a sexta hoja en maíz son preferidas a la fertilización nitrogenada en presiembra o siembra. Del mismo modo, largos períodos de barbechos, más aún si el antecesor es un cultivo con rastrojos de baja relación C/N, favorecen la presencia de altas concentraciones de nitratos con riesgo de lixiviación. En este último caso, el ajustar la intensidad de rotación, con un cultivo más (ya sea para cosecha o CC) es una adecuada herramienta. Una vez más, resulta claro que la clave pasa por interpretar la oferta ambiental – sumada a la oferta externa vía insumos – y sincronizar la utilización de esos recursos. Tener agua y nitratos disponibles no está mal; lo perjudicial es no utilizarlos con los cultivos - convirtiéndolos en materia seca –

y dejar que se pierdan, con el riesgo adicional de la contaminación de napas, en el caso del nitrógeno. En consecuencia, una BPA´s resulta en ajustar oferta y demanda de nitrógeno de manera de maximizar la producción y minimizar los riesgos de contaminación. Al respecto, el ajuste de la rotación, y la estrategia de fertilización (principalmente el momento) resultan en factores críticos a considerar.

### **La importancia de la fijación biológica en el manejo nutricional**

La incorporación de un plan racional de fertilización – que contemple no sólo la cantidad de nutrientes a aplicar, sino también su uso eficiente por los cultivos- en cada unidad de producción, es un desafío que deberá ser cumplido para acceder a una producción ambientalmente sustentable. Dentro de este contexto de manejo de la nutrición, está recobrando importancia en los últimos tiempos, la investigación y las prácticas a campo que en materia de fijación biológica de nitrógeno se están realizando. Por un lado, las investigaciones apuntan a mejorar la eficiencia de fijación de bacterias que asociadas a las leguminosas fijan nitrógeno del aire y lo incorporen en la biomasa vegetal. De esa manera, el nitrógeno del aire pasa a ser parte del pool nitrógeno orgánico del suelo, al descomponerse los rastrojos. En el terreno de la aplicación agronómica, varios productores de avanzada, están incorporando en sus esquemas rotacionales cultivos de cobertura de leguminosas, con el objetivo no solo de crear biomasa, favoreciendo el aporte de carbono y la cobertura del suelo, sino, principalmente, para fijar nitrógeno atmosférico e incorporarlo al suelo vía descomposición de residuos aéreos y subterráneos.

En tal sentido, el cultivo de vicia es una alternativa que apunta a consolidarse como antecesor de gramíneas estivales (principalmente maíz), reduciendo el aporte de nitrógeno vía fertilizantes sin que se resienta el rendimiento. Si bien se está en etapas de ajuste de esta tecnología, la misma apunta a consolidarse; ya que tiene la doble ventaja de disminuir los costos productivos sin resentir los ingresos, y por otro lado, bajar los niveles de fertilización disminuyendo los riesgos ambientales. Experiencias realizadas por Aapresid en zona núcleo muestran valores de producción de materia seca de entre 4000 a 6000 kg/ha de MS, con una concentración de nitrógeno entre 5 y 6,9%. Resulta interesante destacar que

este aporte se hace sin resentir la cantidad de agua disponible para el cultivo siguiente en la rotación. Evaluaciones realizadas en Zavalla, sur de Santa Fe, muestran una diferencia de sólo 23 milímetros de agua, en contra del CC de vicia versus el sector sin CC, a la siembra del maíz; lo cual puede considerarse casi despreciable frente al aporte de MS y nitrógeno que se realizó.

Queda evidenciada la existencia de información necesaria para abordar la temática de las BPA's no solo desde una visión que contemple aspectos relacionados con la inocuidad del producto final como alimento, sino también desde una visión más amplia que incluya la gestión ambiental. En este sentido, sería auspicioso el desarrollo de esta nueva visión complementaria, que iría alineada con la implementación de sistemas de gestión ambiental con foco en los recursos naturales involucrados en la producción agropecuaria.

### **3. Las buenas prácticas agrícolas y el uso de indicadores de gestión productiva y ambiental: un nuevo abordaje con foco en la gestión del ambiente.**

Actualmente existen conocimientos suficientes para confeccionar y utilizar indicadores que actúen como monitores y luces de alarma de las principales propiedades del suelo que se relacionan con su salud, y por ende con la sustentabilidad ambiental de la producción. Varios indicadores de sustentabilidad pueden brindar un panorama del comportamiento comparado de sistemas de producción contrastantes, y hacer inferencias prácticas a partir de ellos (Viglizzo, 2004a). Los indicadores podrían reunirse en una especie de tablero de comandos que le permita al productor o asesor ir monitoreando la evolución del suelo y su salud; pudiendo tener certeza a cerca del impacto del manejo agronómico.

Sumado a ello, existen fundamentos científicos probados que correlacionan valores de indicadores de salud del suelo con prácticas agronómicas. El conocimiento de la evolución de la calidad del suelo con determinadas prácticas agrícolas es necesario para planificar un uso y manejo sustentable del recurso natural suelo (Morón, 2005). Esas prácticas, que poseen un fundamento científico comprobable respecto a su impacto productivo y ambiental debieran ser difundidas mediante esquemas de extensión a los productores. Justamente se trata de las Buenas Prácticas Agrícolas.

## Los indicadores

El concepto de sustentabilidad ha ido evolucionando con la sociedad; y con el lo han hecho los indicadores que intentan medirla. Sin embargo, desde hace unos años y con importancia creciente en la actualidad, se evidencia un alto interés en los problemas ambientales asociados a la producción primaria de alimentos, dentro de los cuales se destacan los referentes al recurso suelo (Doran & Parkin, 1994; Bezdicek et al, 1996; Cameron et al 1998). Es decir, que muchos de los indicadores de sustentabilidad ambiental, apuntan a medir la evolución de la salud o calidad edáfica. En este sentido, la calidad edáfica se define como la capacidad que el suelo posee de funcionar dentro de un ecosistema sosteniendo la productividad biológica, manteniendo la calidad del ambiente y promoviendo la salud animal y vegetal (Doran & Parkin, 1994; Doran & Zeiss, 2000). En consecuencia, un sistema de producción agropecuario que quiera ser rentable y sustentable ambientalmente, deberá al menos apuntar a mantener la calidad edáfica.

Cambios en propiedades del suelo como contenido de materia orgánica, disponibilidad de nutrientes, actividad biológica y capacidad de almacenaje de agua, influyen en forma directa sobre su calidad (Batie et al., 1993). Por lo tanto, puede pensarse en seleccionar indicadores que reflejen cambios en las propiedades del suelo, con el fin de utilizarlos como monitores de la salud o calidad del suelo (AAPRESID, 2005). Resulta evidente, en consecuencia, la necesidad que desde la ciencia se generen estos indicadores y que sean fácilmente interpretables incluso por personas de ámbitos no sólo productivo, sino también político para que sean el basamento de la toma de muchas de sus decisiones respecto al manejo sustentable de los recursos. Productores, asesores agronómicos, organismos crediticios, instituciones certificadoras, y políticos son potenciales usuarios de indicadores que permitan monitorear los cambios en recurso suelo (Morón, 2005). Priorizar parámetros, relacionarlos con las funciones del suelo y fijar valores críticos en los cuales se indique qué suelo y que funciones del ecosistema están siendo dañadas es el excitante desafío de este nuevo campo de la ciencia que está siendo explorado (Morón et al, 2004).

Un indicador de calidad de suelo debe estar basado en conocimiento científico, y no en conjeturas, observaciones o vivencias (AAPRESID, 2005). Además, debe ser una expresión cuantitativa que permita ubicar un problema en relación a sus umbrales críticos

(Viglizzo, 2004 a). Para ser útiles, los indicadores de la calidad del suelo deberían reflejar cambios recientes en su manejo (Montero & Sagardoy, 2001). En términos generales, los indicadores deben tener sensibilidad para detectar cambios, capacidad de integrar objetivos, facilidad de medición e interpretación y ser accesibles a muchos usuarios (Morón, 2005).

En el caso específico de la calidad edáfica, muchos reportes científicos mencionan a la materia orgánica y sus fracciones como al indicador de suelo por excelencia. Del mismo modo, la disponibilidad de nutrientes, la biomasa y actividad microbiana, y parámetros físicos como la tasa de infiltración y lixiviación, la capacidad de almacenaje de agua, y el índice de erosión, tienen el potencial de ser buenos indicadores (AAPRESID, 2005). Recientes reportes científicos están desarrollando nuevos indicadores, que si bien están vinculados con los anteriores, buscan tener mayor sensibilidad frente a los cambios en el manejo productivo (Morón et al, 2004).

La evidencia científica actual muestra que el área de indicadores de calidad de suelo está en activo desarrollo, lo cual reviste gran importancia en el camino del manejo sustentable de los recursos naturales en la producción de alimentos; ya que son los insumos básicos para fundamentar las buenas prácticas de manejo asociadas a la producción.

En Argentina existen diferentes estudios en esta temática; correspondiendo todos a investigaciones realizadas por el sector público. Moscatelli & Sobral (2005), basados en la metodología del Instituto de Calidad de Suelos, del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), están evaluando y seleccionando indicadores de calidad de suelo para distintas series de suelos representativas de la región pampeana. También en Argentina, Viglizzo (2002) ha desarrollado un modelo denominado Agro-Eco-Index para el diagnóstico de la gestión ambiental de establecimientos agropecuarios, el cual propone el uso de once indicadores: consumo de energía fósil, eficiencia en el uso de energía fósil, balance de nitrógeno, balance de fósforo, riesgo de contaminación por nitrógeno, riesgo de contaminación por fósforo, riesgo de contaminación por plaguicidas, riesgo de erosión de suelos, riesgo de intervención de hábitat, cambios en el stock de carbono del suelo, balances de gases de efecto invernadero (Viglizzo, 2002). Por su parte, Casas (2004) describe, en un trabajo publicado en las actas del XII Congreso de AAPRESID, algunos parámetros a ser tenidos en cuenta como indicadores de la calidad del suelo: índice de

erosión; índice de sellado; balance de nutrientes; lixiviación de nutrientes y plaguicidas; y balance de materia orgánica (Casas, 2004).

Queda evidenciado que existen conocimientos suficientes para confeccionar y utilizar indicadores que actúen como los monitores y luces de alarma de las principales propiedades del suelo que se relacionan con su salud, y por ende con la sustentabilidad ambiental de la producción. Varios indicadores de sustentabilidad nos pueden brindar un panorama del comportamiento comparado de sistemas de producción contrastantes, y hacer inferencias prácticas a partir de ellos (Viglizzo, 2004 a). Los indicadores podrían reunirse en una especie de “tablero de comandos” que le permita al productor o asesor ir monitoreando la evolución del suelo y su salud; pudiendo tener certeza a cerca del impacto del manejo agronómico (Lorenzatti, 2005).

Finalmente, Viglizzo (2004 a) aborda el tema de los indicadores de sustentabilidad como instrumento de decisión que también ayudan a explicar o interpretar procesos de acuerdo a la calidad de la gestión ambiental realizada (trazabilidad agro-ecológica). En consecuencia, una empresa rural puede someterse a una auditoría social voluntaria que mejora su imagen ante la sociedad (Viglizzo, 2004 a). Y, en una perspectiva más avanzada, el indicador se puede convertir en una herramienta para certificar productos y procesos, y también para crear marcas o denominaciones de origen; confiriendo al producto un valor comercial extra, actual o potencial. A una escala mayor, los indicadores permiten también inferir la oferta de servicios económicos y ambientales que afectan a toda la sociedad (Viglizzo, 2004 a).

#### **4. La certificación ambiental de la agricultura, como alternativa de resolución del conflicto entre producción y ambiente**

La implementación de BPA´s, sumado a la existencia de indicadores capaces de medir su impacto sobre el ambientes, abre una nueva oportunidad: la de de diferenciar positivamente el proceso de producción de alimentos y energía.

En el terreo de los agronegocios, la diferenciación de productos y procesos es una herramienta cada vez más utilizada por las empresas para demostrar y exponer públicamente su compromiso de cumplir con las exigencias de los consumidores. A su vez,



un sistema de gestión de calidad bien implementado – esto es que realmente forme parte de la cultura de la entidad que lo adopte – genera valor por hacer más eficientes los procesos; disminuyendo costos y permitiendo detectar e implementar oportunidades de mejora que redunden en mayor productividad y mejora de la calidad.

Los protocolos y normas – partes constitutivas de sistemas de gestión de calidad - son instrumentos consensuados por las partes interesadas, y que sirven de orientación a los productores u organizaciones empresariales y que además son pasibles de auditorías que permiten realizar un dictamen técnico denominado certificación (Viglizzo, 2004b). La certificación es el reconocimiento explícito de que un sistema, proceso, producto o servicio cumple con los requerimientos de una determinada norma, estándar o protocolo. Este reconocimiento lo realiza una entidad independiente - llamada tercera parte, que en general está acreditada en un organismo de acreditación (Viglizzo, 2004 b).

En esta línea, en Argentina, Aapresid está desarrollando un sistema de gestión de calidad ambiental y productiva en agricultura de conservación (SGC-AC). Se trata de un esquema que brinda herramientas para la realización de una agricultura - dicho en términos amplios, e incluyendo a la ganadería – de manera más precisa y responsable ambiental y productivamente. A través de protocolos de BPA's e indicadores de calidad de suelos se intenta describir y monitorear las acciones y conductas productivas; permitiendo además certificar el proceso de producción agropecuaria.

El SGC-AC tiene la doble función o utilidad de:

- brindar herramientas para una más profesional gestión agronómica de la producción agropecuaria; ya que a través del registro ordenado de información y el análisis de indicadores de calidad edáfica brinda nueva información que agrega valor a la gestión.
- mostrar al resto de la sociedad como son los procesos de producción de alimentos y su impacto sobre el ambiente; permitiendo capturar el valor de la externalidad positiva que la AC hace sobre el ambiente. Es una manera precisa y estandarizada de someter a los procesos productivos a una auditoría; que es esperable que genere utilidades adicionales -mejores precios o acceso preferencial a mercados- al ser reconocida socialmente.

La certificación ambiental del proceso productivo de siembra directa (como máxima expresión de la agricultura de conservación) intenta ser un mecanismo de información resumida y precisa que sea la base para una mejor gestión agronómica (productiva y ambiental), y a la vez le permita al consumidor conocer las características del proceso productivo, a través de conocimientos de basamento científico que fueron mensurados a campo.

Desde una visión más amplia, y que involucra a la sociedad en su conjunto, la certificación tiene la doble ventaja de: 1) promover la adopción de un sistema productivo superador – comparado con el reinante, basado en labranzas convencionales- y, 2) exponer a las empresas que lo adopten a una auditoria social del proceso de producción de materias primas agropecuarias.

En el plano operativo y de implementación del sistema de certificación propuesto se dan una serie de circunstancias que hacen factible implementar lo en el contexto actual:

1. Internacionalmente, Argentina en general y Aapresid en particular son vistas como referentes en agricultura de conservación y organización innovadora y referente de una nueva agricultura, respectivamente. Ello facilita la interacción con otras organizaciones de Agricultura de Conservación (AC) en el mundo, las cuales orgánica y conjuntamente podrán actuar como difusores mundiales del proyecto; otorgándole proyección global.
2. La siembra directa es un fenómeno de innovación reciente, con gran introducción en el sistema agropecuario argentino. Ello, junto al desarrollo de Aapresid como organización creíble y referente en el plano tecnológico, y al aporte de instituciones públicas (INTA y Universidades) y privadas de prestigio se convierten en el respaldo de imagen necesario para el posicionamiento y liderazgo de un nuevo esquema de certificación en el plano nacional.
3. Argentina es un país en el cual el sector agroalimentario concentra una importante porción de la generación de divisas; con una clara conducta exportadora de agroalimentos. En consecuencia, un sistema de certificación en agricultura, iría en línea con la estrategia del sector - sin que signifique ir en desmedro del desarrollo de otro sector de la economía nacional – ayudando a generar una “Marca País” en el

contexto global.

4. Existen experiencias previas exitosas en la implementación de esquemas de producción relacionados a la producción primaria, lo cual es un antecedente de trascendencia, y asegura un cierto grado de conocimiento en el consumidor respecto a los sistemas de certificación de productos y procesos en actividades primarias, relacionadas con el uso de recursos naturales.
5. Existen tanto los conocimientos científico/técnicos para el uso práctico de BPA's e indicadores de salud de suelos, desarrollados por organismos de investigación públicos de prestigio reconocido nacional e internacional; como así también aquellos conocimientos de *management* y negocios necesarios para montar el sistema de certificación.
6. A nivel empresarial agropecuario, existen crecientes demandas de conocimientos y tecnologías que permitan hacer una gestión agronómica y ambiental más profesional y menos intuitiva. Específicamente, las empresas tecnológicamente líderes están demandando indicadores de calidad edáfica que le permitan chequear el impacto de sus prácticas de manejo en el recurso suelo.

## 5. Consideraciones finales

La humanidad, se encuentra hoy en un dilema de difícil solución, entre el fantasma de una hambruna generalizada – como alguna vez lo predijo Malthus – por falta de producción de alimentos en cantidad suficiente, o una destrucción de los recursos naturales necesarios para producirlos. Por un lado, resulta claro que una sobre-explotación de la tierra podría llevar al colapso de las economías mundiales actuales; siendo el crecimiento demográfico el elemento que impulsa esta situación (Solbrig, 2004). Por otro lado, la agricultura extensiva histórica y actualmente estuvo basada mayoritariamente en el paradigma de la labranza; siendo una de sus externalidades negativas la degradación de suelos, evidenciada claramente por la erosión y la pérdida de materia orgánica en la mayor parte de las regiones agrícolas del mundo.

Sin embargo, la agricultura de conservación basada en la implementación de buenas práctica agrícolas ofrecen una alternativa productiva que permite mantener los rendimientos, disminuir los costos, y a la vez impactar sobre el ambiente – principalmente

el sobre el recurso suelo – de una manera menos agresiva. Es decir, que al estado actual del conocimiento existe una nueva agricultura, basada en la interpretación de la oferta ambiental y la adecuación de las estrategias de manejo, como una alternativa real y concreta. Esta nueva agricultura, cada vez más biológica y rica en conocimientos, se vislumbra como la llave para resolver el conflicto.

En este contexto, la certificación ambiental del proceso productivo de siembra directa (como exponente de esta nueva agricultura) intentará ser un mecanismo de información resumida y precisa que sea la base para una mejor gestión agronómica (productiva y ambiental), y a la vez le permita al consumidor conocer las características del proceso productivo, a través de conocimientos de basamento científico que fueron mensurados a campo.

Resulta interesante remarcar que tanto actores públicos como privados pueden y deben trabajar mancomunadamente para que estas BPA´s sean una realidad. Desde los organismos de investigación aportando los avances en conocimientos (tanto a nivel de BPA´s como de indicadores); desde las asociaciones de productores difundiendo y validando a campo estos conceptos y trabajando proactivamente en la implementación de protocolos certificables. Desde la órbita del Estado estimulando mediante exenciones o beneficios impositivos la adopción de estas tecnologías; acompañando en simultáneo a los pequeños productores, principalmente con capacitación e incentivos económicos y crediticios a la adopción de estas BPA´s. Y siendo un poco más ambiciosos entre todos construyendo una Marca País que diferencia los alimentos argentinos por estar realizados bajo procesos productivos ambientalmente responsables.

*\*La presente publicación constituye la opinión de sus autores en los temas tratados y no necesariamente coincide con la de las entidades que integran el Foro de la Cadena Agroindustrial Argentina.*

### Bibliografía

- AAPRESID. 2005. El sendero de la calidad. Revista de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa.
- Andriulo A.; C. Sasal C. y F. Rimatori. 2002. Impacto del sistema de producción agrícola sobre la calidad y la cantidad del drenaje en el norte de buenos aires. 2do Taller de contaminación por agroquímicos. Pergamino, Buenos Aires Argentina.
- Angella, G.; D. Prieto y C. Angueira. 2002. Efecto de la fertilización y el riego sobre la lixiviación de nitratos en Santiago del Estero. 2do Taller de contaminación por agroquímicos. Pergamino, Buenos Aires Argentina.
- Batie, S.S., J.W. Gilliam, P.M. Groffman, G.R. Hallberg, N.D. Hamilton, y W.E. Larson, 1993. Soil and water quality: An agenda for agriculture. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Bezdicek, D.C., R.I Papendick y R. Lal. 1996. Introduction: Importance of Soil Quality to Health and Sustainable Land Management. En: Doran, J. W. & Jones, A.J., (eds.) Methods for Assessing Soil Quality. SSSA Special Publication, Number 49: 1-8.
- Calegari, A. 1998. Culturas, sucessões e rotações. En: **Sistema plantio direto** - o produtor pergunta a Embrapa responde. Dourados: Embrapa-CPAO: 59-80.
- Cameron, K., M. Beare, R. McLaren, H. Di. 1998. Selecting physical, chemical, and biological indicators of soil quality for degraded or polluted soils. En: CD XVI World Congress of Soil Science, Symposium 37, Montpellier, France.
- Casas, R. 1998. Causas y Evidencias de la Degradación de los Suelos en la Región Pampeana. En:  
O. T. Solbrigy L. Vainesman (eds.) Hacia una Agricultura productiva y sostenible en la pampa. Buenos Aires: CPIA-DRCLAS: 99-129
- Casas, R. 2004. Indicadores de calidad de suelos para una agricultura sustentable. En: Actas del XII Congreso de AAPRESID. Rosario: 123-134.
- Cobbe, R. 1998. Capacitación Participativa en el Manejo Integrado de Plagas (MIP): Una Propuesta para América Latina. FAO, Roma.

- Costa J.L., H. Massone, E. Suero, M. Vidal y F. Bedmar. 2002. Nitrate contamination of a rural aquifer and accumulation in the unsaturated zone. *Agricultural Water Management*.
- Costa, J.L., E. Suero, F. Bedmar, E. Bocanegra y E. Martínez. 1996. Contaminación de acuíferos superficiales por lavado de nitratos. INTA Publicación Técnica No. 6.
- Derpsch, R. y J.R. Benites. 2004. Agricultura Conservacionista no Mundo. En: CD, XV Reuniao Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, Santa Maria, RS, Brasil.
- Doran, J.W y M.R. Zeiss. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology* 15: 3-11.
- Doran, J.W. y T.B. Parkin. 1994. Defining an assesing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdieck, D.F.; Stewart, B.A. (Editors). 1994. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Special Publication Number 35, Chapter 1: 3-21.
- Ekboir, J.M. 2001. Sistemas de Innovación y Política Tecnológica: Siembra Directa en MERCOSUR. En: Díaz, R. (ed.), *Siembra Directa en el Cono Sur*, PROCISUR.
- Fernandez Alés, R. y O.T. Solbrig. 2002. Are Famine and Malnutrition, Questions of Supply or Demand? Implications for Environmental Rural Stability. In: O.T. Solbrig, R. Paarlberg, and F. di Castri, (eds.) *Globalization and the Rural Environment*. Cambridge, Ma. Harvard University Press: 49-71.
- FAO. 1998. Regional Development Partnerships Programme (RDPP).
- FAO. 2002. Conservation Agriculture: Case Studies in Latin America and Africa. *FAO Soils Bulletin 78*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- García, F. 2003. Balance de nutrientes en la rotación: impacto en rendimientos y calidad de suelos. En: *Revista Técnica de AAPRESID: Fertilidad y fertilización en siembra directa*: 60-65.

- García, F. O., K. P. Fabrizzi, L. Picone y L. Justel. 1999. Volatilización de amonio a partir de fertilizantes nitrogenados aplicados superficialmente bajo siembra directa y labranza convencional en Argentina. En: Actas 14° Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Temuco. Chile: 304
- Jergentz, S., H. Mugni, C. Bonetto, y R. Schulz. 2004. Runoff-related endosulfan contamination and aquatic macroinvertebrate response in rural basins near Buenos Aires, Argentina. Archives for Environmental Contamination & Toxicology 46: 345-352.
- Lorenzatti, S. y A. Bianchini. 2001. La rotación de cultivos: una herramienta poco utilizada. En: Revista Técnica de AAPRESID: Rotaciones en siembra directa I: 5-8.
- Lorenzatti, S. 2005. Tablero de comandos para el suelo. Clarín, Suplemento rural.
- Montero F.A. y M.A. Sagardoy. 2001. Estudios microbiológicos en un suelo cultivado con maíz y soja bajo siembra directa. En: Rotación de cultivos en siembra directa. Revista de AAPRESID: 31-34.
- Morón, A. 2005. Efecto de las rotaciones y el laboreo en la calidad del suelo. En: Actas del XIII Congreso de AAPRESID, Rosario.
- Morón, A., H. Marelli, j. Sawchik, V. Gudelj, C. Galarza y J. Arce. 2004. Indicadores de la calidad del suelo en experimentos de rotaciones de cultivos en Córdoba Argentina. En: XIX Congreso Argentina de la Ciencia del Suelo, Paraná.
- Moscatelli, G. y R. Sobral. 2005. Avances en la selección de indicadores de calidad para las series de suelo representativas de la regio pampeana y aplicación de un sistema de información geográfica. En: Seminario Internacional de Indicadores de Calidad de Suelo. Marcos Juárez, Córdoba.
- Peiretti, R. 2004. El Modelo Agrícola de CAAPAS: Su adopción actual y potencial dentro del sistema agrícola nacional y mundial. Amenazas y oportunidades dentro del escenario global. En: Actas del XII Congreso de AAPRESID: 57-60.
- Pereira, M.H. 2002. Un buen trabajo. En: Actas del X Congreso de AAPRESID, Rosario: 130-137.

- Prigogine, Y. 1996. El Fin de las Certidumbres. Ed. Andrés Bello, Santiago, Chile.
- Rimsky-Korsakov, E., G. Rubio y R. S. Lavado. 2004. Potential Nitrate Losses under Different Agricultural Practices in the Pampas Region, Argentina. *Agric. Water Management*, 65:83-94.
- Romagnoli, J. 2003. Nuevos desafíos de la siembra directa. En: *Revista Técnica de AAPRESID: Rotaciones en siembra directa II*: 5-7.
- Sá, J.C.M. 1999. Manejo da fertilidade do solo no sistema da plantio direto. En: Siqueira, J., F. Moreira, A. Lopez, L. Guilherme, V. Faquin, A. Furtin Neto, J. Carvalho (Ed.). *Soil Fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships*. Lavras: UFLA, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: 267-320.
- Sainz Rozas, H., H.E. Echeverría y L.I. Picone. 2001. Denitrification in maize under no-tillage: effect of 296 nitrogen rate and application time. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 1314–1323.
- Salvagiotti, F. 2004. El manejo de los nutrientes y la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. En: *Revista Técnica de AAPRESID: Fertilidad en siembra directa 2004*: 75-78.
- Senigaglisi, C. 1991. Estado actual y manejo de los recursos naturales, particularmente el suelo, en el sector norte de la pampa húmeda. En: *Seminario Juicio a Nuestra Agricultura*. Buenos Aires: INTA.
- Solbrig, O.T. 2002. El impacto ambiental de la agricultura pampeana: reflexiones en relación a la crisis. Rosario: *Actas del X Congreso de AAPRESID*: 15-20.
- Solbrig, O.T. 2004. La agriculturización de la Argentina: Una cuestión de producción, equidad y medioambiente. En: *Actas del XII Congreso de AAPRESID*: 27-40.
- Trucco, V. 2004. Una agricultura que es parte de la solución de las demandas sociales y ambientales. En: *Actas del XII Congreso de AAPRESID*: 49-56.
- Viglizzo, E. 2001. La gestión ambiental de empresas rurales. En: *Idia XXI*. INTA (ed.): 125-128.
- Viglizzo, E., F. Frank, J. Bernards, D.E. Buschiazzi y S. Cabo. 2002. A rapid method for



assessing the environmental performance of comercial farms in the pampas of Argentine. Programa de Gestión Ambiental. INTA.

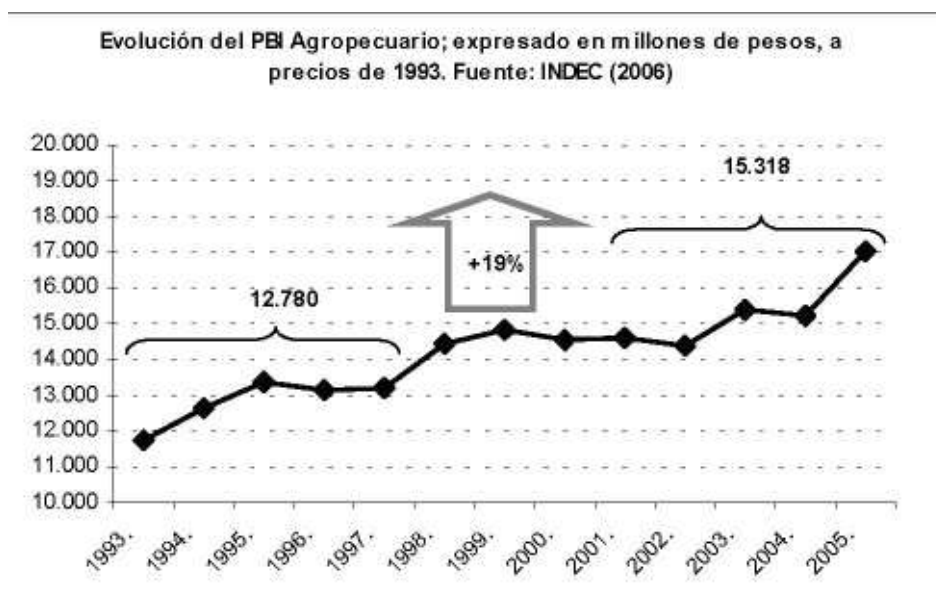
Viglizzo, E. 2004 a. La sustentabilidad productiva: Evolución del concepto y sus indicadores. En: Actas de la III Jornada Tecnológica CREA – Productividad, Eficiencia y Responsabilidad.

Viglizzo, E. 2004 b. Desarrollo de una metodología compatible con la norma ISO 14000 para la eco-certificación de predios rurales. Programa Nacional de Gestión Ambiental. INTA.

**TABLA N° 1:** Evolución de la superficie implantada en siembra directa en Argentina para los principales cultivos, desde 1977 hasta 2003. AAPRESID (2004).

<b>Campaña</b>	<b>Soja</b>	<b>Maíz</b>	<b>Trigo</b>	<b>Otros</b>	<b>TOTAL</b>
<b>77/78</b>	5000	0	0	0	<b>5000</b>
<b>78/86</b>	2000	0	0	0	<b>2000</b>
<b>86/87</b>	6000	0	0	0	<b>6000</b>
<b>87/88</b>	22000	1000	1000	0	<b>24000</b>
<b>88/89</b>	50000	7000	3000	0	<b>60000</b>
<b>89/90</b>	80000	7000	5000	0	<b>92000</b>
<b>90/91</b>	280000	10000	10000	0	<b>300000</b>
<b>91/92</b>	445000	20000	30000	5000	<b>500000</b>
<b>92/93</b>	775000	35000	70000	90000	<b>970000</b>
<b>93/94</b>	1350000	100000	180000	180000	<b>1810000</b>
<b>94/95</b>	1670000	240000	210000	320000	<b>2440000</b>
<b>95/96</b>	2150000	200000	200000	420000	<b>2970000</b>
<b>96/97</b>	2859000	266000	260000	559000	<b>3944000</b>
<b>97/98</b>	2350000	700000	600000	550000	<b>4200000</b>
<b>98/99</b>	3782500	1148000	1267000	1072500	<b>7270000</b>
<b>99/00</b>	5016000	1385000	1740000	1109000	<b>9250000</b>
<b>00/01</b>	6658800	1494700	2259000	1247500	<b>11660000</b>
<b>01/02.</b>	8670000	1723000	3150000	1557000	<b>15100000</b>
<b>02/03.</b>	9780000	1930000	2850000	1940000	<b>16500000</b>

**Gráfico 1:** Evaluación del Producto Bruto Interno Agropecuario en Argentina, en el período 1993 – 2005; valores expresado en millones de pesos constantes de 1993. Fuente: Lorenzatti, 2006 (en base a datos del INDEC).



**Gráfico 2:** Evolución de las principales tecnologías en el sector agrícola argentino en el período 1980-2000. Fuente: Viglizzo, 2006 (Adaptado de Satorre, 2006).

