



# CRITERIOS BÁSICOS PARA LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA SUSTENTABLE EN EL SUDOESTE BONAERENSE



Secretaría de Ambiente  
y Desarrollo Sustentable  
Presidencia de la Nación

## **/ AUTORIDADES**

### **Presidente de la Nación**

Mauricio Macri

### **Secretario General de la Presidencia**

Fernando de Andreis

### **Secretario de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable**

Sergio Bergman

### **Titular de la Unidad de Coordinación General**

Patricia Holzman

### **Secretario de Política Ambiental en Recursos Naturales**

Diego Moreno

### **Directora Nacional de Planificación y Ordenamiento Ambiental del Territorio**

Dolores María Duverges

# **CRITERIOS BÁSICOS PARA LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA SUSTENTABLE EN EL SUDOESTE BONAERENSE**

*Hugo R. Krüger, Josefina P. Zilio y Franco D. Frolla*

**Estación Experimental Agropecuaria Bordenave. CERBAS, INTA.**

Esta publicación se realiza en el marco del proyecto “Aumentando la resiliencia climática y mejorando el manejo sostenible de la tierra en el Sudoeste de la provincia de Buenos Aires” (BIRF TF 015041 AR), implementado por la Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, financiado por el Fondo de Adaptación al Cambio Climático y ejecutado por el Banco Mundial.

Abril de 2019



# CONTENIDO

- INTRODUCCIÓN ..... 5**
- CONOCIENDO EL AMBIENTE..... 7**
- LA ADAPTACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO  
AL AMBIENTE..... 11**
- PRODUCCIÓN POR AMBIENTES..... 14**
  - Dos opciones de manejo por ambientes .....15
  - Determinando ambientes .....16
  - Diferenciando el manejo..... 20
- GESTIÓN DEL AGUA.....21**
  - Barbecho, un viejo conocido .....21
  - Sin barbecho.....23
- SISTEMAS DE CULTIVO.....25**
  - Mecánico .....25
  - Químico .....26
- MANEJO DE AGROQUÍMICOS.....29**
  - El camino del agroquímico .....29
  - Disposición de los envases .....31
- LA FERTILIDAD DEL SUELO .....33**
  - El muestreo.....33
  - Los análisis y su valor ..... 34
- FERTILIZACIÓN ..... 40**
- ROTACIÓN DE CULTIVOS .....43**
  - Rotación y monocultivo ..... 43
- BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA..... 49**



## INTRODUCCIÓN

El término sustentabilidad ha sido muy mencionado durante los últimos años, tal vez décadas. Inicialmente aplicado al desarrollo socioeconómico de un país, fue derivando definiciones hacia las distintas actividades que hacen a ese desarrollo. Así, desde el punto de vista de la producción agropecuaria, el manejo sustentable implica varios aspectos:

- La producción (de pasto, granos o carne) debe ser suficiente y económicamente viable para cubrir las necesidades y expectativas básicas del productor agropecuario y su familia. Se puede discutir el nivel de esas necesidades y expectativas, pero resulta claro que nadie trabaja a pérdida por mucho tiempo.
- Al margen de las variaciones anuales o cíclicas, los niveles de producción se deben mantener en forma continua a lo largo del tiempo. Esto es, los procesos agropecuarios no deben generar cambios que determinen una declinación de su propia producción a mediano o largo plazo.
- Las actividades productivas no deben dañar al ambiente. La degradación de los suelos, la homogeneización del paisaje, los distintos tipos de contaminación por agroquímicos, y la pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos son ejemplos de estos daños.
- Los productos de la actividad deben ser seguros para la salud de la población. Esto es especialmente válido en el rubro alimentos donde deben primar criterios de inocuidad y trazabilidad.
- No se deben producir daños o perjuicios a personas o sectores de la sociedad. La pérdida de protagonismo de las comunidades rurales, la pérdida de competitividad de medianos y pequeños productores y la desaparición de fuentes de trabajo son ejemplos de efectos que conducen al empobrecimiento y migración de la población rural. Por otra parte, los crecientes conflictos por la aplicación indiscriminada de plaguicidas en proximidad de poblaciones son ejemplos de efectos negativos sobre la población urbana.

A estos requisitos, en realidad razonables, se suma la necesidad de superar las adversidades propias de las regiones semiáridas y las periódicas crisis económicas. Esto hace que producir en la región demande una serie creciente de habilidades.

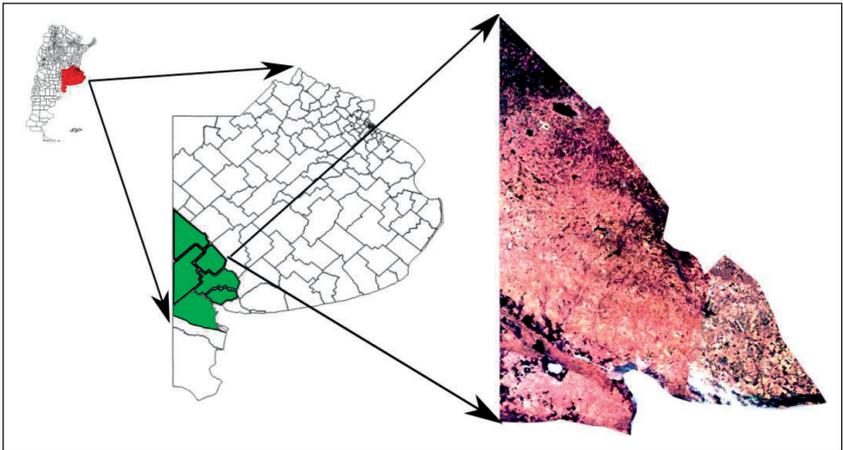
Existe amplio consenso en que una de las características deseables en los sistemas productivos de zonas semiáridas es la “resiliencia”. Esto se refiere a la capacidad del sistema para sobrevivir a una crisis sin perder sus funciones y atributos esenciales y regresar a su estado original una vez que la perturbación finalizó. Estudios sobre este tema realizados en diversas regiones del mundo, sugieren algunas estrategias relativamente simples para mejorar la resiliencia de un sistema productivo: conocer a fondo las características del ambiente, lograr la mayor adaptación posible a ese entorno y utilizar las tecnologías más adecuadas en función de esa asociación sistema-ambiente.

En esta publicación se discuten algunas cuestiones relacionadas con el manejo de suelos y cultivos en el contexto de las características especiales de la región. No se pretende describir minuciosamente técnicas que, en general, son suficientemente conocidas. Se trata, en cambio, de revisar y fundamentar los criterios que las sustentan a fin de evaluar objetivamente si su adaptación a las circunstancias particulares de cada explotación puede mejorar la resiliencia. La finalidad de este proceso es promover ideas y acciones para que los sistemas productivos puedan enfrentar en mejores condiciones las perturbaciones de diverso origen a las que son sometidos.

## CONOCIENDO EL AMBIENTE

La región semiárida en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires cubre aproximadamente 1,6 millones de hectáreas sobre el flanco sur del sistema de Sierras Australes (figura 1), e incluye los partidos de Puan, Bahía Blanca, Coronel Rosales, y sectores de Adolfo Alsina, Saavedra, Tornquist, Coronel Dorrego y Villarino. Se trata de una serie de llanuras suavemente onduladas, planicies inclinadas y mesetas, interrumpidas en sectores por antiguos valles fluviales. Este paisaje se transforma gradualmente, al sur de la provincia, en la región árida prepatagónica.

El clima es continental templado, con una temperatura media anual de 15 °C. En promedio los meses de diciembre a febrero están libres de heladas, aunque en algunos años estas ocurren también dentro de ese período. Los vientos dominan del sector norte, y presentan intensidades importantes en todas las épocas del año, con un máximo en primavera. La precipitación, que varía entre los 400 y 700 mm anuales de sudoeste a noreste, se concentra en otoño y primavera, con una estación seca a fines del invierno.



**Figura 1.** La zona semiárida en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires.

En los últimos años se ha prestado gran atención al “cambio climático”. Se dice que la precipitación disminuye y la temperatura media aumenta, aunque este fenómeno afecta en forma muy diversa a distintos lugares del mundo. Estudios realizados en el partido de Puan muestran, en el largo plazo, tendencias leves al aumento de la precipitación y disminución de la temperatura, con un incremento de la amplitud térmica. No parece apropiado hablar de cambio climático ya que la variabilidad sigue siendo la característica principal del clima regional. La precipitación y la temperatura muestran ciclos con períodos de duración variable en los que dominan años secos y fríos, que alternan con otros períodos húmedos y cálidos. A su vez, la variación entre años es alta, de modo que en períodos húmedos pueden ocurrir años secos y viceversa. El incremento de esta variabilidad parece, entonces, ser la principal característica del cambio climático en el sudoeste de la provincia.

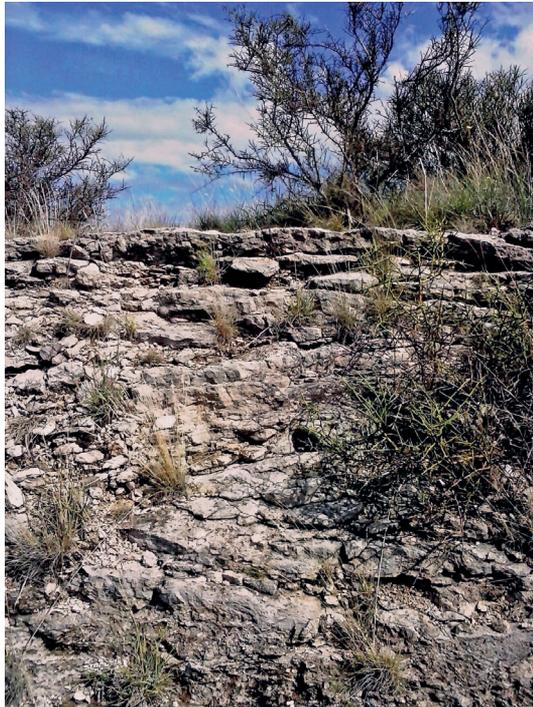
Los suelos de la región se desarrollaron sobre materiales loésicos y arenosos transportados por el viento y en muchos casos redistribuidos localmente por el agua. Los primeros, con mayor proporción de arcillas y limos, resultan más fértiles y aparecen con mayor frecuencia en el centro de la región. Los materiales arenosos aparecen predominantemente en el oeste y, además de menor fertilidad, presentan alta susceptibilidad a la erosión eólica. Un rasgo común a toda la región es la “tosca”, un horizonte con distintos grados de consolidación que puede aparecer a profundidades variables, generalmente entre la superficie y los 150 cm, limitando en distinto grado la penetración de las raíces de los cultivos y la capacidad del suelo de retener agua al reducir su espesor (figura 2).

Estas dos características, la variabilidad climática y la presencia de tosca, afectan en gran medida la producción agropecuaria. Desde un punto de vista negativo determinan rendimientos aleatorios tanto de pasto como de granos y dificultan la aplicación de tecnología, especialmente aquella basada en el uso de insumos. Un aspecto positivo está dado por la existencia de períodos climáticos favorables y pequeñas superficies con suelos de potencial mayor al promedio. Ambos, convenientemente detectados y aprovechados pueden utilizarse con cierto provecho.

Los sistemas productivos tradicionales son de tipo mixto, con dominancia de la ganadería bovina sobre la agricultura y menor actividad ovina. Sin embargo, en los últimos años se ha producido un importante incremento de la superficie agrícola, no siempre sobre

suelos con esa aptitud. Los cultivos invernales de cosecha (trigo, cebada, avena) ocupan una amplia superficie en el centro y norte de la región. Los cultivos estivales (girasol, maíz, soja) solo aparecen en sectores del norte. La cría y recría son las principales actividades ganaderas suplementadas, generalmente, con forrajes secos y granos. Las pasturas mixtas (de alfalfa y gramíneas) y los cultivos forrajeros anuales de verano (sorgo, maíz, moha y mijo) son relativamente más comunes en el norte del área. Los cultivos forrajeros anuales de invierno (principalmente avena), las pasturas puras de pasto llorón o agropiro, y los pastizales naturales dominan en el sector sur.

A pesar que la siembra directa está siendo adoptada en forma creciente, la labranza convencional basada sobre herramientas de discos todavía predomina en la parte sur de la región, asociada a un manejo que alterna cultivos anuales con uno o más años de descanso en los que el lote se cubre de vegetación espontánea.



**Figura 2.** La tosca, una limitación regional de los suelos. Aquí en superficie, aunque puede aparecer a profundidades variables.

La predominancia de ambientes frágiles configurados por suelos poco profundos con escasa fertilidad y susceptibles a la erosión, la frecuente falta de prácticas de manejo sustentables y la variabilidad climática configuran una combinación que favorece la erosión y estimula la degradación de los suelos, tanto química por pérdida de materia orgánica y nutrientes, como física por compactación y pérdida de estabilidad estructural. Estos procesos, graduales y acumulativos, disminuyen el potencial de rendimiento y generan un círculo que puede comprometer la actividad económica y social de la región.

## LA ADAPTACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO AL AMBIENTE

Muy a menudo se habla de la “vocación” del productor en referencia a sus preferencias por la ganadería, “los fierros” de la agricultura, o alguna otra actividad productiva. Además de una elección personal legítima, suele ser una predilección arraigada en sus tradiciones familiares. Esta vocación se manifiesta en la tendencia a privilegiar alguna actividad en particular.

Sin embargo, en la definición de un sistema productivo debe primar la capacidad de uso de la tierra. Esto es, el potencial productivo que tienen los distintos suelos que componen el establecimiento en relación con el clima y las necesidades de cada cultivo. Existen diversos sistemas para determinar esta aptitud, posiblemente el más conocido universalmente sea el del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los EE.UU.<sup>(1)</sup>. Este sistema agrupa los suelos en ocho categorías con grados crecientes de limitaciones. Los suelos de la Clase I, con ninguna o escasas limitaciones, son adecuados para una amplia variedad de cultivos y no requieren prácticas especiales de manejo. Los de Clase II a IV presentan grados crecientes de limitación que restringen la elección de cultivos, o hacen necesarias prácticas de conservación de suelos cada vez más complejas. Finalmente, los suelos de las Clases V a VIII tienen limitaciones tales que no resultan aptos para cultivos agrícolas y sólo deberían destinarse a pastizales, forestación, conservación de la vida silvestre, cobertura o recreación.

De acuerdo con un informe regional, basado sobre el Atlas de Suelos de la República Argentina <sup>(2)</sup>, en la zona semiárida del sudoeste bonaerense dominan los suelos clase III y IV. La suma de las superficies correspondientes a estas dos clases ocupa el 89 % de la superficie total del partido de Bahía Blanca, el 76 % del partido de Tornquist, el 64 % del partido de Puan, y el 54 % del partido de Coronel Rosales. Esto implica que los suelos de la región presentan limitaciones severas y muy severas, que restringen la elección de cultivos o determinan la necesidad de aplicar prácticas especiales de conservación. Solamente se observan suelos Clase I y II en superficies reducidas de la zona norte de los partidos de Tornquist y Puan (16 y 4 % respectivamente). Sin embargo, por las características de

este tipo de estudios y su escala de trabajo, es posible que dentro de las unidades cartográficas con capacidad de uso limitada exista una cierta proporción de suelos con aptitud superior. Por caso, la variación espacial de la profundidad de los suelos puede dar lugar a sectores con capacidad agrícola en tierras principalmente ganaderas. El aprovechamiento de esos sectores diferenciales constituye la base del manejo por ambientes.

Dicen los ecólogos que un sistema de producción ideal se debe parecer al ecosistema natural de la zona. A medida que se aleja del ecosistema natural aumentan los requerimientos de energía externa (insumos), el riesgo climático, el riesgo económico y las posibilidades de degradación de los recursos productivos si se excede la capacidad de carga de ese ecosistema.

Considerando el clima imperante y la presencia de un ecosistema natural de pastizal, el sistema productivo mejor adaptado sería la ganadería de cría. La existencia de un recurso forrajero nativo y permanente implica un mínimo gasto en insumos para su explotación. La receptividad de ese recurso, determinada en función de las fluctuaciones temporales por los ciclos climáticos, regularía la carga animal posible.

Aquí debe recordarse el concepto de sustentabilidad, que implica viabilidad económica. Dado que el nivel de carga animal influye sobre la producción esperada, la superficie de la unidad productiva afecta esa viabilidad. El sistema resulta viable en superficies relativamente importantes. A medida que la superficie productiva disminuye se requiere reforzar el pastizal natural con especies cultivadas e insumos para elevar la carga. Esto implica diversos grados de intensificación y tiene un costo energético, económico y ecológico que debe ser considerado.

Si existe una cierta proporción de suelos con aptitud agrícola, es posible ocuparla con pasturas implantadas de mayor calidad o cultivos anuales para incrementar la carga (mayor producción), o reforzar el recurso forrajero para disponer de reservas (mayor estabilidad). En la misma línea de pensamiento, la "vocación" del productor puede determinar que el sistema se transforme en mixto, con un cierto componente de agricultura para aprovechar la mayor capacidad de carga. Además del agregado de valor que la agricultura aporta al sistema, se sabe que su complementación con la ganadería implica beneficios para ambas actividades.

Finalmente, solo si la unidad productiva incluye un alto porcentaje de suelos agrícolas, puede considerarse la posibilidad de optar por un sistema predominantemente agrícola. En la región esto representa mayor presión productiva, mayor consumo energético y de insumos y, por lo tanto, mayor riesgo productivo, económico y ecológico.

Dada la diversidad de ambientes y potencial productivo no tiene, entonces, mayor sentido discutir la viabilidad de sistemas ganaderos o agrícolas en abstracto. En cambio se debe prestar atención a las características particulares de cada unidad productiva y al balance entre la capacidad de carga del ecosistema y la carga económicamente viable. Si se excede la primera se provoca la aceleración del flujo de energía y la movilización de agua y nutrientes a tasas mayores que las normales lo que origina sistemas productivos poco sustentables. Los eventos erosivos observados en la región durante la década del 2000 son un recordatorio de las consecuencias que este tipo de desbalances acarrea.

## PRODUCCIÓN POR AMBIENTES

Tradicionalmente la explotación agropecuaria se dividió en unidades de manejo (lotes, potreros, cuadros, etc.) delimitadas en forma permanente por alambrados. La utilización del alambrado eléctrico primero y la expansión de la agricultura más tarde relativizaron esa división original y, en muchos casos, la eliminaron totalmente.

Siempre se reconoció la existencia de variaciones internas en las características de un lote o establecimiento. Esta heterogeneidad puede deberse a cambios en el paisaje, en ciertas propiedades de los suelos, o en su historia de manejo y hace que el crecimiento de la vegetación natural y de los cultivos varíe por sectores, a pesar que toda la superficie se haya tratado exactamente igual. En cada uno de esos sectores o “ambientes” se expresa una combinación homogénea de los factores que determinan o limitan el crecimiento de los cultivos. El ejemplo típico es el bajo y la loma. El primero suele concentrar más agua y tiene mayor espesor de suelo y fertilidad. En la loma el agua escurre hacia zonas más bajas, hay menor espesor de suelo, mayor evaporación por el viento y, si la tosca está cerca de la superficie, puede ser que también exista menor disponibilidad de nutrientes como el fósforo.

Cuando se aplica un insumo cualquiera en forma pareja sobre ambientes diferentes puede ocurrir que en alguno de ellos resulte escaso y en otro excesivo. Si se tratara de un fertilizante, la aplicación en una dosis menor a la requerida hará que se pierda un potencial incremento de rendimiento. Si bajo condiciones ambientales favorables y altos rindes el fertilizante es escaso, se extraerán más nutrientes de los que se agrega y se inicia un proceso de degradación de la fertilidad del suelo. Por el contrario, bajo condiciones ambientales desfavorables o con dosis excesivas, se invierte en un insumo que no se va a aprovechar y el exceso puede generar contaminación.

Una forma de mejorar la eficiencia productiva, disminuir el riesgo económico y el riesgo ambiental sería, entonces, usar cada ambiente según sus posibilidades y los objetivos de producción, aplicando en ellos cultivos e insumos coherentes con las probabilidades de respuesta. De esto se trata la filosofía del manejo por ambientes.

## / DOS OPCIONES DE MANEJO POR AMBIENTES

Sistema o establecimiento. Si existen distintas actividades productivas como en los sistemas mixtos, la presencia de ambientes con diferente capacidad de respuesta permite asignar esas actividades según la aptitud de cada uno. Los ambientes de menor potencial se destinan a actividades con menores demandas como podría ser la ganadería de cría. Los de mayor potencial a actividades más exigentes y de mayor riesgo como la agrícola, o bien estratégicas como la producción de forraje de calidad o reservas.

Lote de producción. Cuando contienen ambientes de potencial contrastante es posible hacer un manejo variable de insumos. Esta es la verdadera “agricultura de precisión”. Densidad de plantas, dosis de fertilizantes, herbicidas, fungicidas y aún cosecha por separado para diferenciar calidad, son ejemplos de las posibilidades que presenta esta técnica (Figura 3).



**Figura 3.** Ejemplo de utilización de ambientes de diferente potencial en un sistema mixto con ganadería de cría y trigo. En los suelos de mayor potencial se rota la pastura mixta con cultivos anuales (verdeo de invierno, de verano y trigo). El lote de trigo se dividió en tres ambientes (1, 2 y 3) que pueden recibir diferentes niveles de fertilización según la profundidad del suelo. El ambiente de potencial intermedio, con profundidad de suelo menor a 60 cm se destinó a pasturas de llorón. Un sector con tosca a 20-30 cm se dejó como pastizal natural.

En ambos casos es condición necesaria la existencia de ambientes con distinto potencial de producción. Si el establecimiento o

el lote son homogéneos, o la heterogeneidad no influye sobre el rendimiento de los cultivos, no tiene mayor sentido diferenciar el manejo.

## **/ DETERMINANDO AMBIENTES**

Para alguien que lleva años produciendo en un establecimiento la existencia y diferenciación de ambientes es instintiva. También será relativamente sencillo decidir si las variaciones en producción justifican un manejo diferencial. Si así fuera sólo queda representar los ambientes en un croquis/mapa, jerarquizarlos en dos o tres grados de potencial productivo (alto, medio y bajo) y replantear el manejo existente si esto promete mayor eficiencia o menor riesgo productivo. Con el tiempo, si se verifica un beneficio derivado de esta práctica, se puede optar por realizar una ambientación más detallada y precisa.

Si no se cuenta con esta experiencia el tema es más complejo y se requiere información específica para lograr la ambientación. Esto incluye identificar los factores de sitio que promueven o limitan el crecimiento de los cultivos, analizar la variación espacial de esos factores, y finalmente decidir si el manejo diferencial se justifica. Información derivada de varios años de investigación en la planicie sobre tosca de la zona semiárida bonaerense, sugiere que los principales factores involucrados en la variación de los rendimientos de pastizales y cultivos son: relieve, profundidad efectiva del suelo y textura.

El relieve afecta la distribución del agua de lluvia. Para una precipitación uniforme en todo el lote, si hay escurrimiento el agua va infiltrar más en bajos y planos a nivel, que en lomas y planos inclinados. El relieve también influye sobre la temperatura del suelo, mayor en las pendientes expuestas al norte, y sobre la distribución del aire frío durante las heladas, que suele concentrarse de preferencia en las zonas más bajas. También puede afectar la evaporación de agua desde el suelo, que suele ser mayor en las lomas por mayor exposición al viento. La profundidad efectiva está dada por la presencia de una capa de tosca coherente y relativamente impermeable. Al no dejar pasar el agua ni las raíces limita el espesor de suelo útil. La textura se refiere a la proporción de clases por tamaño de partículas en el suelo. Las principales son, de menor a mayor, arcilla, limo y arena.

La combinación de profundidad y textura influye sobre la capacidad del suelo de retener agua. Esto se puede simbolizar visualizando una esponja que retiene agua en función de su espesor o tamaño, y de la cantidad de celdas o poros que pueden contener agua. El primer caso está representado por la profundidad del suelo y el segundo por la textura, que determina mayor cantidad de poros en la arcilla que en la arena. La estructura del suelo también contribuye con la porosidad generada por los agregados y su estabilidad ante la presencia de agua. La esponja puede ser delgada pero con muchos poros útiles (suelo arcilloso bien estructurado), gruesa con pocos poros útiles (suelo arenoso), o combinaciones de estos extremos. Una estimación de la capacidad de retención de agua del suelo en función de la profundidad y la textura se muestra en la figura 4.

La combinación de relieve, profundidad efectiva y textura produce ambientes con diferente disponibilidad de agua en el suelo que influyen sobre el comportamiento de los cultivos. A modo de ejemplo la tabla 1 muestra, para suelos de textura homogénea, rendimientos de trigo según su posición en el relieve y su profundidad a la tosca. Los datos corresponden al centro-sur del partido de Puan y se registraron en la campaña 2011.



**Figura 4.** *Relación entre la textura y profundidad del suelo y la capacidad de retener agua útil.*

Si bien cada caso particular puede sugerir una estrategia diferente, la delimitación de ambientes puede seguir una cierta secuencia: 1)

diferenciación de zonas por relieve y 2) subdivisión de estas zonas en función de combinaciones dadas por la textura y la profundidad del suelo. En la práctica una ambientación elemental puede realizarse en forma sencilla y sin grandes complejidades técnicas. El relieve si es bien marcado delimita la mayor parte de los ambientes. En zonas planas, o dentro de las unidades de relieve, la textura y la profundidad del suelo son más importantes. Es común que la textura sea relativamente homogénea por lo que la profundidad del suelo suele ser la variable principal. Las variaciones de textura se pueden determinar mediante análisis de laboratorio o, en forma práctica “al tacto”. La profundidad se mide introduciendo una varilla de acero en el suelo hasta tocar la tosca y registrando la distancia hasta la superficie.

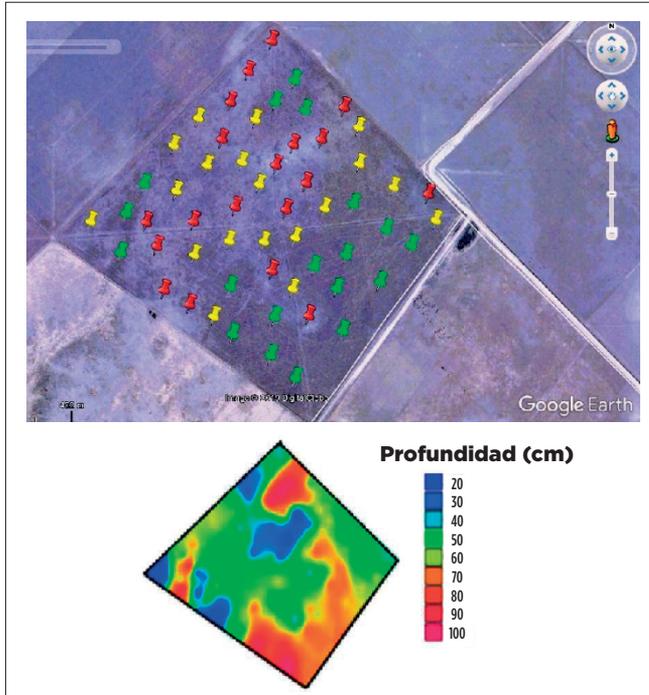
**Tabla 1.** Rendimientos de trigo en el centro-sur del partido de Puan según el relieve y la profundidad efectiva del suelo (campaña 2011)

Tipo de relieve	Profundidad (cm)	Rendimiento (kg/ha)
Plano alto	40	1500
	70	3500
Pendiente	50	2000
	80	3000
Plano bajo	50	2500
	100	4500

Marcar sobre un plano o croquis las principales variaciones del relieve, textura y profundidad permite, en forma rápida y sencilla, apreciar los distintos ambientes y sus características. Estas pueden relacionarse con su productividad para obtener un esquema ordenado de los recursos físicos del predio.

La ubicación de las observaciones de profundidad del suelo se puede registrar con un sistema de posicionamiento satelital (GPS), para marcarlas sobre un mapa o sobre una representación digital de la superficie del suelo como es el programa Google Earth®. Aumentando la complejidad (y precisión) de la tarea, es posible interpo-

lar los valores de profundidad para lograr un mapa continuo de la profundidad del suelo<sup>(3)</sup>. La figura 5 representa dos mapas de profundidad del suelo logrados de estas formas. En una superficie relativamente grande el trabajo de campo puede demandar tiempo y esfuerzo por lo que se trata de identificar ambientes en forma indirecta mediante imágenes (de drones, fotos aéreas, satélites) y bien por sensores especiales que registran propiedades del suelo como la conductividad eléctrica.



**Figura 5.** Mapa de profundidades de suelo de un lote de 60 hectáreas realizado con sonda mecánica y un sistema manual de posicionamiento satelital (GPS). La figura superior muestra observaciones representadas sobre una imagen de Google Earth. Las marcas rojas indican suelos con menos de 40 cm, las amarillas entre 40 y 60 cm y las verdes entre 60 y 100 cm. En la figura inferior se realizó una interpolación numérica de las profundidades medidas para constituir áreas continuas en el mapa. La densidad de observaciones más conveniente para este proceso es de 1 obs/ha.

## / DIFERENCIANDO EL MANEJO

Si bien a nivel de establecimiento es probable que se pueda replantear la subdivisión de lotes, no se trata de realizar inversiones costosas cambiando de lugar los alambrados, sino de aprovechar la información para la distribución de cultivos y actividades. En cada sistema de producción las características, requerimientos y objetivos de los cultivos permiten ubicarlos en el ambiente más adecuado. Para esto se debe considerar cualquier aspecto que facilite el manejo como superficie útil, necesidad de agrupar cultivos, tamaño y forma de los ambientes entre otros. El mismo cultivo en sistemas de distintas características y objetivos puede ser ubicado en ambientes contrastantes. Por ejemplo: por su valor, en un sistema mixto de la zona semiárida marginal un verdeo de avena debería ocupar el mejor ambiente. Posiblemente en un sistema al norte de la zona semiárida ocupe ambientes de menor potencial en relación con los cultivos agrícolas. Es este juego donde el conocimiento y uso inteligente de los ambientes productivos rinde sus mayores beneficios.

A nivel de lote el planteo puede ser diferente ya que no tiene mayor sentido combinar cultivos. En este caso interesa la aplicación diferencial de insumos. De la forma y distribución de los ambientes depende que se puedan aprovechar más o menos fácilmente. Si es posible subdividir el lote en dos o más ambientes de superficie relativamente regular, capaz de ser manejada con maquinaria agrícola convencional, las principales variables serán el nivel de fertilización y la densidad de siembra. La distribución de malezas también puede determinar que sólo se pulvericen partes del lote. Ambientes con alto contenido de proteína en trigo podrían ser cosechados aparte y no mezclados con el resto del grano. En este sentido las posibilidades son tantas como la inventiva de cada uno sea capaz de aprovecharlas.

Aun en casos donde la mezcla de ambientes de escasa superficie y forma irregular dificulta el manejo diferencial, es posible el uso de “maquinaria inteligente”. Esta tiene capacidad para ubicarse en el lote mediante un GPS y así seguir instrucciones detalladas en una tarjeta de memoria (conocida como prescripción) para variar, en cuestión de metros, la densidad de siembra, el nivel de fertilización y la dosis de herbicidas o fungicidas según el caso. Por el momento el uso de este tipo de maquinaria, sin duda parte de la agricultura del futuro, debe ser evaluado detalladamente en función de sus costos y demanda de conocimientos.

## GESTIÓN DEL AGUA

La disponibilidad de agua, en tiempo y forma, es una de las principales limitantes de la producción agropecuaria en zonas semiáridas<sup>(4)</sup>. En el sudoeste bonaerense la escasa capacidad de retención de los suelos y la variabilidad climática agravan esta limitación haciendo que el aprovechamiento del agua pluvial se convierta en un tema clave. La “gestión del agua” incluye todas aquellas prácticas que permitan hacer un uso más eficiente del agua de precipitación y del suelo.

Implica el conocimiento y manejo de la capacidad de retención de agua útil del suelo en función de su textura y profundidad, tema tratado precedentemente. De acuerdo con esta capacidad de retención se utilizan estrategias contrapuestas con el objetivo de aumentar la producción de materia seca (forrajes), o grano obtenido por cada milímetro de agua consumida.

### / BARBECHO, UN VIEJO CONOCIDO

La más importante de estas técnicas es el barbecho. Aunque es una práctica suficientemente conocida desde tiempos remotos, no está demás repasar sus objetivos y metodología. Aunque se discuta principalmente su eficiencia hídrica, cabe recordar que este es sólo uno de sus objetivos:

- captar y conservar en el suelo una parte del agua de precipitación;
- controlar malezas, insectos y enfermedades fúngicas;
- acelerar la descomposición de los residuos y sistemas radicales de cultivos previos, manejar el grado de cobertura del suelo y las condiciones de la cama de siembra;
- incrementar la disponibilidad de nutrientes fácilmente asimilables por las plantas a partir de la descomposición de la materia orgánica del suelo; y
- por sumatoria de todo lo anterior se busca mejorar el rendimiento del cultivo siguiente.

El barbecho intenta atenuar la eventual falta de agua durante el ciclo de cultivo reservando parte de la captada en un período llu-

vioso previo a la siembra. La acumulación de agua en el suelo surge de un balance entre captación y retención, de modo que el mismo período de barbecho puede producir acumulaciones muy diferentes según la época, la distribución de las lluvias y la capacidad de retención del suelo.

En barbechos para cultivos de invierno la evaporación es alta al inicio y disminuye hacia la siembra. Los meses de enero y febrero resultan menos eficientes que marzo y abril desde el punto de vista hídrico, de modo que la acumulación de agua progresa hacia la siembra aunque las precipitaciones disminuyan. En barbechos para cultivos de verano tanto la evaporación como la probabilidad de precipitación aumentan hacia la siembra. Según la secuencia de cultivos es frecuente que el suelo llegue con un cierto contenido de agua desde el otoño. Este se va perdiendo hacia la siembra a menos que ocurran precipitaciones importantes. Por esto la eficiencia de acumulación de agua en ese período suele ser negativa (mayor contenido al inicio que al final), aunque la cantidad final lograda sea significativa.

La capacidad de retención de agua del suelo importa en cuanto a la planificación del barbecho. Suelos con escasa capacidad de almacenamiento (60-80 mm) aportan cantidades de agua poco significativas y dependen de las lluvias durante el ciclo para producir rendimientos aceptables en cultivos como trigo o cebada. En estos suelos no tiene demasiado sentido un barbecho prolongado (y costoso económica y ambientalmente). Suelos con mayor capacidad de retención de agua (120-140 mm) dependen de las lluvias durante el barbecho y no siempre completan ese volumen, pero producen mayores rendimientos. Estudios realizados en la zona, durante campañas con diferentes características climáticas, mostraron alta relación entre la capacidad de retención del suelo y la acumulación de agua a la siembra del trigo, así como entre esta y los rendimientos especialmente en años con bajas precipitaciones durante el ciclo del cultivo<sup>(5)</sup>.

Para poder captar agua, el suelo debe estar en condiciones de absorberla rápidamente. Para esto no debe presentar encostramientos superficiales ni compactaciones subsuperficiales que dificulten su movimiento. Además, en caso de lluvias intensas, la superficie del suelo debe estar protegida contra el impacto de las gotas, que de otra manera sellarán los poros (“planchado”) disminuyendo la infiltración. Aquí la rugosidad y proporción de residuos en superficie,

lograda por labranzas, o la cobertura lograda en siembra directa resultan importantes y se combina con la historia de manejo del suelo. En suelos degradados, la estructura y la porosidad no son estables y colapsan con lluvias intensas, de modo que estos suelos se encharcan sin absorber agua.

Tan importante como captar el agua de lluvia es retenerla hasta el momento de su utilización. El agua se pierde más fácilmente por evaporación en las capas superficiales del suelo, por eso es importante que penetre hacia capas profundas, aunque no tanto como para que el cultivo no la pueda recuperar. Mantener el suelo libre de vegetación viva que la consuma y cubrir la superficie (para disminuir la temperatura y evitar la evaporación directa) son las dos reglas fundamentales para la conservación del agua del suelo.

Ambos objetivos se pueden lograr por medios mecánicos o químicos. Las labranzas controlan efectivamente las malezas, pero disminuyen la cobertura y ventilan el suelo. Labranzas repetidas durante barbechos largos favorecen la pérdida de materia orgánica, el planchado y la erosión. Por esto es importante planificar barbechos con períodos razonables para reducir labores, con una estrategia de repasos que controle malezas en forma eficiente removiendo un mínimo el suelo para no ventilar y “quemar” materia orgánica. En el otro extremo, la utilización de herbicidas permite controlar malezas sin afectar la cobertura. A mayor volumen de residuos en superficie mayor será la probabilidad de retener el agua en el suelo, motivo por el cual el barbecho químico suele resultar más eficiente que el mecánico. Debe recordarse que el período de barbecho constituyó tradicionalmente una oportunidad para lograr otros objetivos como el control de capas compactadas y la incorporación de materia orgánica al suelo, algo que no se cumple en los barbechos químicos. La opción por uno u otro sistema debe, entonces, tener en cuenta todas estas alternativas y su adaptación a la realidad de cada sistema de producción, sin descartar la posibilidad de combinarlos según necesidad.

## **/ SIN BARBECHO**

Para suelos con baja capacidad de almacenamiento se ha desarrollado una práctica opuesta a la idea del barbecho, que implica aumentar el período de tiempo bajo cultivo y reducir el tiempo bajo barbecho. Esto se logra aumentando la cantidad de cultivos en un

determinado período de tiempo, es decir intensificando la secuencia. Las siguientes secuencias representan un ejemplo de intensificación creciente: trigo - trigo - trigo (3 cultivos en 3 años), avena - girasol - trigo - avena (4 cultivos en 3 años).

El menor período de barbecho no representa una gran desventaja en aquellos suelos con baja capacidad de almacenaje. También puede funcionar en ciclos húmedos donde las precipitaciones durante el cultivo son frecuentes. La clave del sistema es que a igual cantidad de precipitación se logre mayor producción de materia seca. Entonces la eficiencia de “cosecha” del agua de lluvia se incrementará. En ciclos de baja precipitación, o con suelos de mayor capacidad de retención de agua puede ocurrir que uno o más cultivos individuales rinda menos o aún se pierda, en cuyo caso la práctica no sería recomendable.

Esta estrategia funciona especialmente en secuencias mixtas, en las que resulta más fácil combinar cultivos en períodos breves de tiempo. Aun así la secuencia de cultivos debe estar planificada para permitir una mínima probabilidad de reponer el agua consumida.

## SISTEMAS DE CULTIVO

Hace referencia a la forma de realizar los barbechos e implantar los cultivos. Tal como se describe en la sección anterior se reconocen dos grandes sistemas: “mecánico”, mediante herramientas de labranza y “químico”, que evita al máximo la remoción del suelo utilizando herbicidas para controlar malezas y fertilizantes para complementar la nutrición del cultivo (figura 6). En este caso la “siembra directa” se realiza con maquinaria especial que sólo trabaja una pequeña franja de suelo donde se deposita la línea de semillas y el fertilizante. Al margen de la clasificación en mecánico o químico, se trata de dos visiones totalmente opuestas acerca de la forma de hacer agricultura.



**Figura 6.** Barbecho químico (izquierda) y mecánico (derecha) mostrando las diferencias en la cobertura del suelo.

### / MECÁNICO

La filosofía del sistema asume que la planta requiere condiciones especiales para germinar, arraigarse y crecer. En este caso, durante el barbecho se despeja totalmente de vegetación la superficie y se remueve el suelo para lograr un medio adecuado para el crecimiento de las plantas cultivadas. La proliferación de malezas se controla,

a falta de otras alternativas, mediante medios mecánicos. Las labranzas se asocian con tradiciones y un modo de vida muy relacionado con la agricultura familiar. Incorporación de residuos, control de malezas, eliminación de capas compactadas, preparación de la cama de siembra e incorporación de fertilizantes, junto con la siembra y labores post-siembra ya casi en desuso (carpidas, aporques y pasadas de rastra de dientes) determinan la conveniencia de trabajar y vivir en el campo a lo largo de las distintas estaciones.

El desarrollo de productos químicos con acción total o específica sobre ciertas malezas permitió un mejor control postsiembra y dio pie a la posibilidad de evitar el movimiento de suelo que, se comprobó, degradaba en gran medida sus propiedades químicas y físicas determinando, además, un alto riesgo de erosión.

## / QUÍMICO

La siembra directa concibe la capa superficial del suelo en contacto con la atmósfera como un sistema especial donde conviven distintas capas de residuos, el cultivo, sistemas radicales vivos y muertos y organismos diversos determinando características especiales de fertilidad química y física. Aporta un sistema de cultivo menos agresivo desde el punto de vista ambiental. Protege al suelo de la pérdida de materia orgánica, elimina virtualmente la erosión eólica y reduce la hídrica generando, además, menores pérdidas de anhídrido carbónico uno de los causantes del efecto invernadero.

Con su aplicación se fueron descubriendo otros beneficios: operativos (menor tiempo de tareas, menor necesidad de mantenimiento de maquinaria, menor necesidad de personal) y agronómicos principalmente relacionados con la posibilidad de intervenir rápidamente en tiempo y forma sobre malezas o la siembra. La cobertura y la casi nula ventilación del suelo producen un mejor aprovechamiento del agua que suele traducirse en mayores rendimientos. La posibilidad de sembrar directamente sobre los residuos del cultivo anterior facilita la implantación de ciertos cultivos en la secuencia, evitando el largo proceso de incorporación y descomposición de los mismos (ejemplo: siembra de verdes de invierno sobre residuos de trigo). Estas indudables ventajas para la operación de sistemas productivos de gran escala hicieron que la siembra directa fuera adoptada más rápidamente por la denominada “agricultura industrial”, ligada a los agonegocios y con una visión más comercial que la agricultura familiar.

A lo largo de la historia de la agricultura siempre existieron y existirán controversias respecto de ciertos temas: ganadería o agricultura, monocultivo o rotación, químico u orgánico son ejemplos de algunas de esas discusiones a las que se ha incorporado la disyuntiva labranzas o siembra directa.

Dejando aparte los fundamentalismos de ambos bandos, se pueden reconocer objetivamente algunas verdades respecto de ambos sistemas. Mucho se ha hablado acerca de aspectos negativos del laboreo como el alto tiempo operativo y el consumo de energía. Las labores primarias tradicionales son poco compatibles con grandes superficies. Está comprobado que el exceso de intervenciones y las labranzas inadecuadas favorecen la erosión, la pérdida de fertilidad química y pueden generar capas compactadas. Por el contrario puede aceptarse que presentan algunas propiedades favorables: El trozado e incorporación de residuos al suelo mejora la distribución de la materia orgánica en la capa superficial y controla plagas y enfermedades que requieren de los residuos para la renovación de sus ciclos. En ciertos casos o ambientes constituyen la única posibilidad de regular la cobertura excesiva sin llegar a la quema de los residuos. Continúan siendo la única forma de controlar malezas si se descartan los métodos químicos. Posibilitan la nivelación del terreno y la ruptura de capas duras tanto en la superficie como en profundidad, permitiendo la puesta en cultivo de tierras nuevas o lotes muy compactados. La remoción criteriosa del suelo por labranzas permite regular la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes. Labranzas de incorporación siguen siendo una de las principales estrategias de prevención y control de incendios.

A pesar de las expectativas a largo plazo, la siembra directa genera una mayor dependencia de insumos externos al sistema. Esto determina, a su vez, flujos económicos y financieros que pueden no ser favorables si la variabilidad climática afecta los rendimientos o cambian las condiciones de mercado. La siembra directa no garantiza buenos resultados en suelos limosos que se compactan fácilmente, suelos degradados por largos años de agricultura extractiva, o con capas compactadas en profundidad. La utilización del sistema en estos casos requiere una recuperación previa del suelo. En sistemas mixtos, con mayor posibilidad de diseñar secuencias de cultivos más intensas, se producen interacciones negativas entre la ganadería y la agricultura. Estas incluyen la disminución del nivel de residuos en superficie y la compactación por pisoteo. En el primer

caso se pierden algunas de las ventajas del sistema pudiendo afectarse la dinámica de agua y los rendimientos. Bajo determinadas condiciones ambientales, la compactación superficial puede afectar la implantación del cultivo y su posterior desarrollo, derivando en pérdida de rendimientos.

La rápida adopción de la siembra directa por esquemas excesivamente productivistas está produciendo impactos ambientales negativos. Resultados de distintos trabajos de investigación en el país están demostrando, en forma creciente, la contaminación de suelos y cuerpos de agua, la aparición de especies resistentes a los herbicidas y la pérdida de biodiversidad de ciertos ecosistemas. Paralelamente existen conflictos cada vez más frecuentes por la aplicación indiscriminada de agroquímicos sobre poblaciones rurales y periurbanas. Estos perjuicios no se deben a la siembra directa, sino a la forma de practicarla especialmente en lo que se refiere al uso de agroquímicos. No se trata de rechazar una técnica útil sino ejercerla con responsabilidad, respetando las reglamentaciones y las buenas prácticas de manejo.

No se ha hablado todavía de la posibilidad de combinar labranzas y siembra directa. Por las particulares características de esta última, sus mayores beneficios se obtienen luego de cierto tiempo de estabilización del sistema. La alteración por labranzas del equilibrio logrado suele no ser beneficiosa (pérdida de cobertura, alteración de la estructura de macroporos del suelo, pérdida o redistribución de materia orgánica). Aun así, la aparición de malezas resistentes, problemas de heladas y siembra debidos a exceso o mala distribución de la cobertura y presencia de desniveles por acción del ganado o fauna están llevando a la utilización de labranzas en lotes de siembra directa. Por el contrario, la combinación de labranzas y control químico en esquemas de labranza muy intensivos permite reducir la remoción del suelo.

En síntesis, esta sección no pretende realizar una descripción detallada ni una prédica favorable a uno u otro sistema de cultivo. Los ambientes y combinaciones productivas de la región son tan diversos que no permiten recomendaciones generales. Evaluar las ventajas y desventajas de cada uno permite definir sus posibilidades de aplicación en las particulares circunstancias de cada sistema productivo.

## MANEJO DE AGROQUÍMICOS

El incremento en el uso de agroquímicos constituye una fuente potencial de intoxicación, contaminación ambiental y acumulación de residuos plásticos de lenta o nula degradación. Esto hace indispensable un uso responsable de esta herramienta. Las buenas prácticas de manejo de agroquímicos involucran una serie de principios que tienen como objetivo asegurar el correcto uso de estos productos de modo que cumplan su objetivo con la mayor efectividad y eficiencia posible, sin comprometer la salud de quienes los manipulan, aplican o puedan tomar contacto con ellos y sin causar daños ambientales. Ya se discutió, en la sección anterior, la necesidad de uso de agroquímicos en siembra directa y las consecuencias que puede acarrear para este sistema de cultivo el manejo irresponsable de los mismos.

Desde la fábrica hasta su utilización los plaguicidas recorren un camino compuesto por numerosas etapas. En ellas intervienen diferentes actores y ocurren distintas acciones, de las cuales interesan especialmente aquellas ligadas al proceso productivo agropecuario<sup>(6)</sup>. Del análisis de este recorrido surgen algunas recomendaciones a tener en cuenta en cada una de esas etapas.

### / EL CAMINO DEL AGROQUÍMICO

Comienza con la detección del problema que justifica su utilización y la elección del producto y dosis. En esta etapa importa contar con la correspondiente recomendación o receta agronómica. Esta debería considerar, en primera instancia, el nivel de daño potencial del problema a atender. En otras palabras: no aplicar un producto “por las dudas” sino ante un problema concreto que va a disminuir en forma sensible el rendimiento del cultivo. Definido esto, conviene seleccionar, entre los disponibles, el producto menos tóxico para resguardar la salud de los operadores y del ambiente. Finalmente utilizar la dosis mínima necesaria para lograr el objetivo. Estos criterios deberían tenerse presentes siempre. En parte, la aparición de organismos resistentes a glifosato y otros productos corrientemente utilizados tiene relación con un uso reiterado, a veces escaso y a veces excesivo, de los mismos. Estas precauciones, que en realidad deberían ser criterios de utilización, representan una forma

de atenuar riesgos personales, ambientales y ecológicos. Esto sin olvidar que algunos problemas todavía pueden solucionarse con “procesos” (como control biológico, rotación, etc.), sin necesidad de utilizar “insumos”, más costosos económica y energéticamente para el sistema.

El traslado al establecimiento donde se utilizará es la segunda etapa importante. Interesa que el vehículo se encuentre en condiciones y, si corresponde, cuente con las autorizaciones especiales para transportar estos productos. En cualquier caso es importante reiterar algunas obviadas: no mezclar los productos con alimentos o forrajes, no trasportarlos en la cabina, prestar atención al correcto embalaje y a la limpieza de la caja (alambres, clavos, tornillos y otros elementos pueden romper los envases) y sujetar convenientemente la carga para evitar derrames o pérdidas.

El almacenamiento, hasta el momento de la aplicación, es otra etapa a considerar. El galpón o habitación donde se depositen los envases debe tener ventilación adecuada, situarse relativamente lejos de residencias, materas o comedores y en lo posible tener acceso restringido. La estiba debe realizarse sobre bases resistentes (pallets), respetando las recomendaciones para su apilado y cuidando que los productos en polvo queden por encima de los líquidos. Para cantidades importantes es necesario contar con un sistema de prevención de derrames. Además, el lugar debe contar con elementos de emergencia como matafuegos, baldes con arena, etc., adecuados al tipo de elementos almacenados.

La aplicación es uno de los momentos críticos del proceso. La manipulación del producto durante la preparación y carga en el sistema aplicador debe tener muy en cuenta la protección del operador. Este debe contar con el equipo de seguridad correspondiente a la tarea, conocer la función de cada elemento y las distintas zonas de sensibilidad del cuerpo a los productos tóxicos. Una adecuada higiene luego de la manipulación incluye al equipo aplicador y a los elementos de seguridad y ropa del operador. Esta última no se debe mezclar, para su lavado, con la ropa común de la casa.

En el aspecto técnico importa la “eficiencia de aplicación”, que conduce a “garantizar la llegada de suficiente principio activo al objetivo y en el momento oportuno”. La eficiencia de aplicación se expresa como la relación entre la cantidad de producto que toma contacto con el objetivo (maleza, suelo, cultivo) y la cantidad total

aplicada. En productos líquidos como herbicidas la eficiencia suele no superar el 60 % (el 40 % restante es pérdida y/o contaminación). Las mayores eficiencias se logran ajustando correctamente los parámetros de aplicación (picos, tamaño de gota, limpieza y estado de mangueras, etc.). Esta eficiencia es directamente proporcional a la eficiencia económica ya que tiende a no desperdiciar un producto costoso. Las condiciones ambientales (viento, temperatura, humedad relativa), determinan lo que se conoce como “ventanas favorables de aplicación”. Es decir, períodos de tiempo en que existe mayor probabilidad de lograr el objetivo de control, sin producir daños colaterales como deriva hacia poblaciones, montes, etc. Generalmente no se tienen en cuenta por razones de tiempo o económicas, lo cual puede ser razonable. Sin embargo, si se repasan las noticias regionales, puede llegarse a la conclusión que la creciente restricción de uso de agroquímicos en franjas adyacentes a poblaciones tiene como origen la transgresión de las ventanas favorables de aplicación.

## **/ DISPOSICIÓN DE LOS ENVASES**

Los envases de agroquímicos “vacíos” contienen en promedio un 3 % de producto, por lo que constituyen residuos tóxicos. El productor es el primer responsable de su correcta disposición aunque, en realidad, se requiere un nivel de organización superior para evitar la acumulación puntual de envases en las explotaciones.

Una operación fundamental en el caso de los productos líquidos es el triple lavado de los envases usados. Este consiste en llenar de agua el envase hasta un cuarto de su contenido, agitarlo vigorosamente en sentido horizontal y vertical por 30 segundos y luego vaciarlo en el tanque del pulverizador. La operación se realiza tres veces, con lo que se asegura que el producto que queda en el envase es despreciable. ¿Por qué se vacía en el tanque del pulverizador? Porque el producto debe quedar en el campo y no contaminando sectores puntuales de la explotación. Una variante, en equipos modernos, es el lavado a presión con la bomba del pulverizador.

Se ha discutido mucho sobre esta operación de la que se dice que “es molesta” y “una pérdida de tiempo”. Lograr que el producto quede en el lote, motivo por el cual se lo compró, y no en el envase aumenta la eficiencia de aplicación y disminuye riesgos a la salud y ambientales. Una simple cuenta, considerando el dato estadístico

del 3% de residuo que queda en cada envase, indica que por cada bidón de 20 litros se desperdicia más de medio litro de producto.

Es importante entender, además, que el triple lavado es una rutina asociada a una tecnología<sup>(7)</sup>. Cuando se adquiere la tecnología del agroquímico, con ella viene incorporada la rutina del triple lavado. Algunos ejemplos de tecnologías y sus rutinas asociadas, que habitualmente no se discuten, son lavar la ordeñadora después de cada uso, limpiar la cosechadora al final de la cosecha, limpiar la fertilizadora al finalizar el trabajo.

Los envases vacíos, previamente lavados deben ser inutilizados y almacenados temporalmente en el campo en un sitio cerrado, protegido de las inclemencias del tiempo y lejos del alcance de niños y animales domésticos. Reciclarlos para otros usos puede ser peligroso. En una etapa posterior, los envases deben ser transportados a un centro de almacenamiento (generalmente implementado por el Municipio local), para luego ser retirados por una empresa habilitada para su disposición final.

Desde el punto de vista del personal existen dos categorías de aplicadores: “contratistas o aplicadores profesionales” y “productores y/o empleados rurales”. Por la menor presión de trabajo, los últimos tienen mayor posibilidad de realizar la tarea en forma adecuada y dentro de las ventanas favorables de aplicación. Por otra parte, dado que las aseguradoras de riesgos de trabajo no los tienen registrados como operadores de agroquímicos, no son sujetos a controles de salud ni a capacitaciones periódicas. En general, la capacitación no ha sido un requisito excluyente que habilite para la tarea. Si bien la mayoría de los operarios maneja cierta información, principalmente relacionada con el equipo aplicador, esta no incluye todos los cuidados y prevencciones necesarios. Muchas veces la necesidad de realizar cierta cantidad de hectáreas por día determina que se relajen algunas cuestiones de seguridad y no se respeten las buenas prácticas de manejo.

## LA FERTILIDAD DEL SUELO

Si pensamos en la fertilidad del suelo como su capacidad para soportar cultivos, debemos entender que esta implica todas las condiciones necesarias para su crecimiento y desarrollo. Se incluye el crecimiento de raíces sin limitaciones, tanto para captar el agua y los nutrientes que el suelo proporciona, como para sostén de la planta. Entonces se habla de fertilidad química en relación con el suministro de nutrientes y las condiciones adecuadas para su captación. La fertilidad física se refiere a las propiedades como la textura y la estructura que gobiernan la penetración de raíces y el suministro de agua. Conocer las características de fertilidad del suelo en los distintos ambientes que componen la unidad productiva es fundamental para planificar el manejo y entender sus resultados. El muestreo y análisis del suelo se constituye así en una herramienta de fundamental importancia.

### / EL MUESTREO

La bolsa con suelo que llega al laboratorio suele pesar uno o dos kilos. De ellos se toman unos 20 gramos para cada uno de los análisis más comunes. Si la muestra proviene de los 12 centímetros superficiales del suelo se puede estimar que esa capa tiene, en una hectárea, un peso aproximado de 1400 toneladas. Como se trata de que una muestra represente una superficie homogénea de no más de 30 hectáreas, los 20 gramos van a terminar representando a unas 42.000 toneladas de suelo. Esto da idea de la importancia de realizar un muestreo cuidadoso y con criterio para que los resultados de los análisis sean útiles.

Si el lote es heterogéneo conviene dividirlo en sectores y tomar una muestra de cada sector. Para determinaciones de rutina (materia orgánica, fósforo extractable y pH), se muestrea la capa superficial (0-12 ó 0-20 cm). Lo ideal es utilizar un muestreador de capa arable y caminar haciendo un “ocho” en el sector a muestrear, tomando unas 15 a 20 submuestras con el muestreador. Para determinaciones del contenido de nitrógeno disponible y/o de agua en el suelo se toman muestras en varias capas, generalmente buscando representar la zona explorada por las raíces del cultivo. Las capas

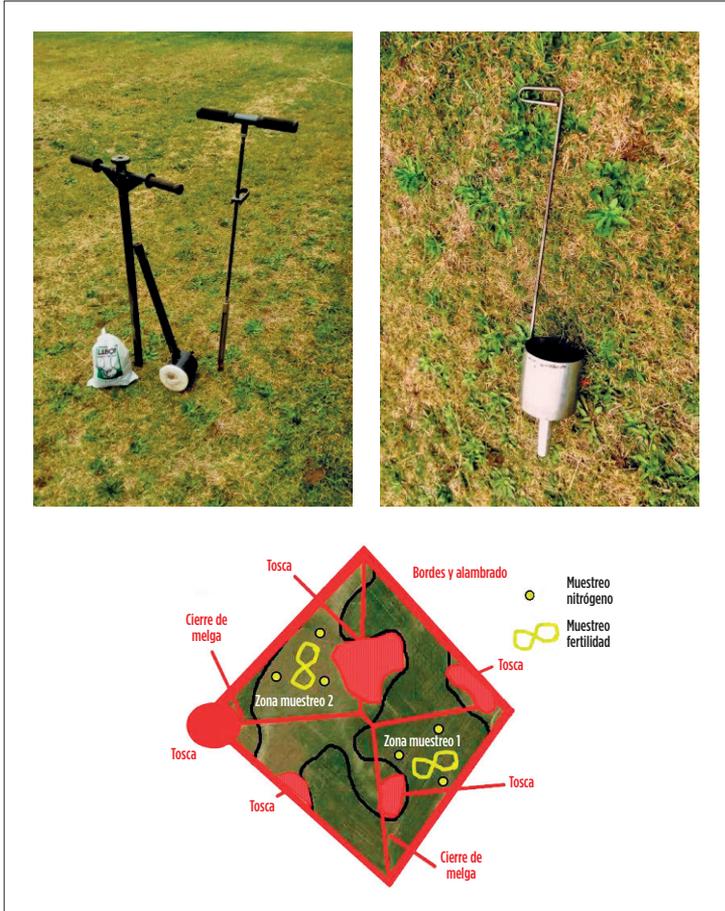
habitualmente utilizadas son 0-20, 20-40 y 40-60 cm. Para esto se utiliza un barreno con el que se toman entre 3 y 10 submuestras por sector. En ambos casos es importante evitar la cercanía de alambrados, aguadas, caminos, bosteos, y toda otra irregularidad que no sea representativa de las condiciones generales del sector muestreado. La figura 7 muestra los elementos para el muestreo y una idea general del procedimiento.

El siguiente paso es la preparación y conservación de la muestra hasta su ingreso al laboratorio. Se debe utilizar una bolsa plástica, limpia y en buen estado (las suele proveer el laboratorio). Cada muestra debe llevar un rótulo escrito con letra clara donde se indique el nombre del establecimiento, lote, profundidad y cualquier otro dato que permita identificarla. Este rótulo no debe volverse ilegible con la humedad de la muestra o la conservadora. Para los análisis de rutina y determinaciones de sales y sodio las muestras pueden mantenerse a temperatura ambiente. Las que requieren determinaciones de humedad y nitrógeno disponible deben mantenerse y transportarse en conservadora refrigerada. En lo posible, ninguna muestra debe dejarse al sol por períodos prolongados. Al ingresarlas al laboratorio es importante aclarar los análisis requeridos, y dejar un número de teléfono o correo electrónico para la comunicación de resultados.

## **/ LOS ANÁLISIS Y SU VALOR**

Los análisis generalmente realizados por la mayoría de los laboratorios agropecuarios son aquellos de rutina (contenido de materia orgánica, fósforo extractable y pH), de nitrógeno disponible (a veces también humedad del suelo), y los “especiales” (nitrógeno anaeróbico, textura, contenido de sales, sodio intercambiable, etc.).

Algunos parámetros como materia orgánica, pH y textura no varían en el corto plazo por lo cual se analizan cada cierto número de años. Otros son más dinámicos como el nitrógeno disponible y se utilizan para el diagnóstico de fertilización por lo que el muestreo y análisis se realiza antes de la siembra. Si bien el fósforo no es muy variable entre campañas se lo suele analizar junto con nitrógeno porque, en caso de requerirse fertilizante fosfórico, este debe incorporarse al suelo a la siembra ya que es poco móvil.



**Figura 7.** Herramientas y esquema para el muestreo de suelos. Muestreador de balde para capa arable (superior izquierda) y barrenos con maza para muestreo en capas (superior derecha). Zonas de muestreo en un lote heterogéneo (inferior). Las áreas rojas representan los lugares que deben ser evitados por distintos motivos. Las líneas amarillas en forma de ocho los trayectos para el muestreador de balde. Los puntos amarillos las submuestras a tomar con barreno de distintas capas de suelo.

El contenido de materia orgánica es uno de los datos más importantes. Se relaciona tanto con su capacidad para suministrar nutrientes al descomponerse, como con gran parte de las propiedades físicas favorables al desarrollo de las plantas. Un suelo con buen nivel de materia orgánica es un suelo con “buena salud”. Este

nivel está en relación con la textura, aumenta con la proporción de arcilla y limo del suelo. Sufre, además, variaciones de mediano-largo plazo con su historia de manejo. La tabla 2 muestra, sobre la base de un estudio realizado en las zona subhúmeda y semiárida del sudoeste de la provincia<sup>(8)</sup>, cómo varían los contenidos de materia orgánica y fósforo de la capa superficial de suelos en distintos ambientes, manejos y texturas.

De la observación de la tabla puede deducirse que el resultado del análisis de materia orgánica debe mirarse en relación con el lugar, la textura del suelo y el manejo. Los suelos de la zona subhúmeda tienden a tener más materia orgánica que los de la semiárida. A su vez, en cada una de ellas, las texturas más arcillosas tienen más materia orgánica que las arenosas. Finalmente, los suelos con uso agropecuario han perdido materia orgánica en relación con los poco explotados.

El fósforo es otro de los elementos claves en la nutrición de los cultivos. Su disponibilidad se combina con la de otros como el nitrógeno, de manera que la respuesta a la aplicación de fertilizantes nitrogenados puede ser baja si el suelo es deficiente en fósforo. Al intervenir en varias funciones metabólicas de las plantas también controla los niveles de materia orgánica. Los valores de fósforo se expresan en “partes por millón” (ppm); así 1 ppm equivale a 1 miligramo de fósforo por cada kilogramo de suelo. La forma más efectiva de restituir el fósforo del suelo es vía fertilizantes químicos ya que serían necesarias grandes cantidades de abonos orgánicos para lograr efectos similares. Además, no se repone por fijación biológica, como ocurre con el nitrógeno cuando se cultivan leguminosas. En la tabla 2 se ve que los valores de fósforo suelen ser mayores en la zona subhúmeda que en la semiárida, esto tiene relación con los sedimentos que dieron origen a esos suelos y con el tipo de manejo a que fueron sometidos. Todos los suelos bajo uso agropecuario perdieron fósforo, pero en la zona subhúmeda la pérdida relativa fue mayor que en la semiárida por un uso más intenso.

El valor de pH es adimensional e indica la acidez o alcalinidad del suelo con valores de 1 a 14. El valor 7 se considera neutro, de 1 a 7 los suelos son ácidos y de 7 a 14 alcalinos. Valores que se alejan de la neutralidad (6 a 7) alertan sobre posibles problemas de disponibilidad de nutrientes. Por encima de 8,5 indican la presencia carbonato de calcio, que puede disminuir la disponibilidad de fósforo, o de un exceso de sodio que genera problemas de toxicidad. En la tabla 2

los valores de pH son normales y no muestran grandes cambios con el manejo del suelo.

El nitrógeno disponible es una determinación que da idea del contenido de nitrógeno presente en el suelo en formas fácilmente asimilables por las plantas. Estas formas surgen de la descomposición de la materia orgánica del suelo. Condiciones que favorezcan la descomposición (humedad y temperatura) aumentan el nitrógeno disponible. A su vez, lluvias intensas o abundantes pueden “lavar” esas formas hacia capas más profundas del suelo. Todo esto hace conveniente realizar el muestreo en una fecha cercana al momento de la fertilización y llevar cuanto antes la muestra al laboratorio, evitando que condiciones de alta humedad y temperatura favorezcan la descomposición de la materia orgánica en la bolsa y alteren los resultados.

Los resultados del análisis de nitrógeno disponible se presentan generalmente como kilogramos de nitrógeno presente en la capa muestreada. Los valores de las distintas capas se suman para dar la disponibilidad total con la que el cultivo iniciará su ciclo. Una de las metodologías más comunes de diagnóstico para fertilizar con nitrógeno es el balance aparente. Se considera el nitrógeno presente en el suelo (resultado del análisis) al que se suma el agregado como fertilizante para llegar a una cantidad que se considera adecuada para alcanzar un determinado rendimiento del cultivo.

Entre las determinaciones especiales o menos difundidas, el nitrógeno amoniacal producido durante una incubación anaeróbica de la muestra, conocido como “nitrógeno anaeróbico o Nan”, da una idea de la capacidad del suelo para producir nitrógeno a lo largo del ciclo del cultivo. En este caso, el balance aparente del párrafo anterior mejora su precisión al agregar al nitrógeno presente en el suelo y al del fertilizante, el que se espera se producirá durante el ciclo de cultivo. Por estar relacionado con la materia orgánica y su descomposición, los valores de Nan dependen de la región, tipo de suelo y su manejo. Al ser una forma más estable que el nitrógeno disponible, no es tan dependiente de la humedad, temperatura y lavado y su muestreo se puede combinar con el destinado al análisis de rutina (materia orgánica, fósforo y pH).

La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de las partículas que lo componen, clasificadas por tamaño creciente en arcilla, limo y arena. Todos los suelos tienen los tres tipos de partículas,

aunque la proporción varía aún en sus distintas capas u horizontes. La textura interviene en muchas características importantes del suelo: contenido de materia orgánica, capacidad de captar, conducir y retener agua, susceptibilidad a la erosión, formación y estabilidad de la estructura entre otras. Los resultados del análisis se presentan en porcentajes de cada una de las clases, acompañados de un nombre o “clase textural”. Las principales clases texturales son, en orden creciente de contenido de arcilla y limo: arenoso, arenoso-franco, franco-arenoso, franco-limoso, limoso, franco, franco-arcillo-arenoso, franco-arcilloso, franco-arcillo-limoso, arcillo-arenoso, arcillo-limoso y arcilloso.

En forma muy general, los suelos arenosos tienen baja fertilidad química, retienen poca agua aunque la conducen rápidamente, y tienen susceptibilidad a la erosión relativamente alta. Los suelos limosos son muy fértiles químicamente, pero se compactan con mucha facilidad y no conducen bien el agua. Los suelos arcillosos retienen mayor cantidad de agua aunque no la conducen bien, excepto tengan buena estructura. Además, protegen la materia orgánica de la descomposición por lo que son relativamente fértiles.

Otras determinaciones químicas especiales tienden a determinar problemas relacionados con la presencia de sales y sodio en el suelo. Estas son la conductividad eléctrica y el porcentaje de sodio intercambiable. La presencia en exceso de sales en el suelo, a menudo conocida como “salitre blanco”, determina que los cultivos comunes tengan graves problemas para absorber agua ya que las sales en solución se lo dificultan. Los resultados de las determinaciones de conductividad eléctrica (CE) se presentan en milimhos por centímetro o decisiemens por litro (mmho/cm o dS/L). Valores superiores a 4 indican que el suelo es salino. El porcentaje de sodio intercambiable, conocido como PSI, indica qué proporción de iones de sodio existe en el suelo en relación con otros elementos como calcio, potasio y magnesio. Valores de PSI mayores a 15 % indican que el suelo es sódico, generando graves problemas para las plantas en general y para la estructura del suelo en particular. La dispersión de partículas y de materia orgánica generada por el sodio da lugar al llamado “salitre negro”. Las sales y el sodio se pueden combinar para dar distintas situaciones, así puede haber suelos salinos, salino-sódicos o simplemente sódicos.

Como puede apreciarse, el comportamiento del suelo y de los cultivos está íntimamente relacionado con su fertilidad química y fí-

sica. Los análisis son herramientas que permiten ajustar y evaluar el manejo del sistema productivo. Sirven para determinar si hace falta fertilizar un cultivo, evaluar la disponibilidad general de nutrientes en un campo a comprar o alquilar, ver su evolución en el mediano-largo plazo bajo un manejo determinado y para detectar condiciones especiales que limitan o impiden el establecimiento de algunos cultivos. Si bien la interpretación de los resultados suele estar a cargo de un profesional capacitado, el conocimiento del tipo y características de los análisis disponibles es necesario para cualquiera que tenga a su cargo el manejo de un sistema productivo.

## FERTILIZACIÓN

Recién después de conocer el nivel de fertilidad del suelo puede analizarse la necesidad de suplementar algunos nutrientes, especialmente cuando la producción alcanza niveles importantes.

Después de la disponibilidad de agua, las deficiencias que en mayor medida limitan la producción de los cultivos regionales son de nitrógeno y fósforo. En forma localizada y según las características de los suelos, pueden existir otras deficiencias.

Cuando se habla sobre la sustentabilidad de la producción se considera que la extracción prolongada de nutrientes sin reposición puede conducir, en el largo plazo, al agotamiento del suelo. La tabla 2 indica que los valores de materia orgánica y de fósforo se han reducido en todos los suelos y ambientes como consecuencia de treinta o más años de producción. En el caso de la materia orgánica su mantenimiento y cierta reposición pueden lograrse a través del manejo (rotaciones, reducción de labranzas, incorporación de residuos, etc.). El fósforo, en cambio, se hace disponible a través del intercambio y la disolución de minerales del suelo y se requiere el agregado de fuentes externas para su reposición. Esto implica incorporación de grandes cantidades de residuos vegetales o animales, o bien la utilización de fertilizantes sintéticos para reponerlo.

En sistemas agroecológicos, suele recomendarse la roca fosfórica como fuente para los cultivos. La disolución de este elemento resulta muy lenta en suelos con pH mayores a 5,5 y con alto contenido en calcio, algo común en la región. Desde el punto de vista de la sustentabilidad del sistema, la incorporación de material fosfatado al suelo representa una forma de reposición. Sin embargo este tipo de fertilización no suele ser efectiva desde el punto de vista de la nutrición inmediata del cultivo. Por este motivo se está experimentando la utilización de bacterias solubilizadoras de fósforo (*Pseudomonas*, *Bacillus* y otras), mediante su aplicación como inoculantes a las semillas o al suelo, para mejorar esta disponibilidad. Otra alternativa de reposición sería el agregado de residuos orgánicos de origen vegetal o animal, generalmente en volúmenes importantes. Esta práctica depende de la disponibili-

dad de tales residuos (barrido de corral, guano) y no es común en la región. De este modo, la utilización de fertilizantes sintéticos sigue siendo la forma más común de suministrar fósforo al suelo y los cultivos.

Diferentes cultivos, incluyendo pasturas, varían en sus requerimientos de nitrógeno y fósforo por lo que diagnosticar las necesidades de fertilizante implica un análisis caso por caso que no es el objetivo de esta sección. Sin embargo, es importante considerar los diversos objetivos que puede tener la fertilización<sup>(9)</sup> y que deben ser establecidos previamente ya que los métodos de diagnóstico pueden variar.

- Obtener el máximo beneficio económico de la práctica.
- Reponer los nutrientes que extrae el cultivo. La idea es que luego de la cosecha el nivel de nutriente se mantenga aproximadamente igual al inicial.
- Restablecer un determinado nivel de algún nutriente. Conociendo que el nivel actual es deficiente, se fertiliza para llevarlo a un valor no limitante.

El primer caso representa el razonamiento de un arrendatario de corto plazo, o la intención de aprovechar un buen momento climático o de mercado. El planteo es netamente económico y la inversión se evalúa como pesos retornados por cada peso invertido. Los restantes se aproximan más a la estrategia de mantener la fertilidad del suelo y los niveles de producción a futuro. Existen dos alternativas: Fertilizar cada cultivo individual, atendiendo a la estimación de la cantidad de nutriente exportado, o fertilizar la rotación. En este último caso se utiliza una estrategia de fertilización multianual, que contempla la extracción de los distintos cultivos de la secuencia y los repone en aquellas especies que mejor respondan o que, por cuestiones logísticas resulten más convenientes (ejemplo: para nutrientes poco móviles, cultivos con escasa distancia entre hileras permiten aplicaciones más uniformes que los espaciados a mayor distancia).

En cualquier caso, pero especialmente cuando se espera un rédito económico inmediato por la fertilización, debe entenderse que el rendimiento de un cultivo es el resultado de la interacción de muchos factores: fertilidad física y química del suelo, radiación, temperatura, disponibilidad de agua, plagas, enfermedades, malezas, cultivar, estructura del cultivo, momento de aplicación del fertilizante,

**Tabla 2.** Valores de materia orgánica y fósforo extractable en la capa 0-10 cm de suelos de la región agrupados por localidad, zona climática y tipo de manejo: natural representa suelos prácticamente sin uso agropecuario (taperas, esquineros, zonas con vegetación natural). Agropecuario implica un uso relativamente intensivo con agricultura y ganadería durante los últimos 30 años.

Localidad	Zona climática	Textura	Tipo de manejo	Materia orgánica (%)	Fósforo extractable (ppm)	pH
San Germán	Semiárida	Franco a franco-arcilloso	Natural	4,0	8,5	7,2
			Agropecuario	2,8	5,9	7,5
Tornquist	Semiárida	Franco arcillo-arenoso	Natural	2,1	12,2	6,3
			Agropecuario	1,3	8,4	6,5
Coronel Suárez	Subhúmeda	Franco arcilloso	Natural	5,2	96,8	6,2
			Agropecuario	3,6	19,0	6,4
Carhué	Subhúmeda	Franco arenoso	Natural	3,4	73,8	6,3
			Agropecuario	1,6	24,5	6,3

etc. La interacción entre estos factores es compleja y generalmente aleatoria. Cuanto más se conozca acerca del cultivo y los factores que determinan su rendimiento mejores resultados se obtendrán con la fertilización.

## ROTACIÓN DE CULTIVOS

Es un término genérico que se refiere a las características de la secuencia de cultivos en el sistema productivo. Esta secuencia puede ser ordenada cuando se planifica expresamente, o resultar un reflejo de los vaivenes climáticos, de mercado, o de las propias necesidades del sistema. En forma más estricta, se suele utilizar el término “rotación” cuando se trata de una secuencia de pasturas perennes y cultivos anuales, mientras que se reserva el de “sucesión de cultivos” para designar a la secuencia de cultivos anuales, forrajeros o de cosecha, sin intervención de pasturas perennes. En el extremo opuesto, el “monocultivo” representa la no rotación, es decir la repetición en el tiempo de un solo cultivo, generalmente de cosecha.

### / ROTACIÓN Y MONOCULTIVO

Al igual que con labranzas y siembra directa, existen argumentos a favor y en contra de la rotación y del monocultivo. Este último es bastante común en Argentina y en el mundo. En la zona núcleo de la región pampeana se ha popularizado el monocultivo de soja, mientras que localmente el más difundido es el de trigo. Ambos se realizan casi exclusivamente en siembra directa. Dado que esta práctica se está difundiendo en la región, vale la pena repasar el tema para poder desarrollar una opinión objetiva al respecto.

Desde el punto de vista económico está claro que el monocultivo presenta ventajas ya que se obtiene una cosecha de granos por año permitiendo una importante intensificación de la producción. Aun con fluctuaciones importantes, los cultivos agrícolas suelen tener mejor rentabilidad que los forrajeros. El monocultivo, por otra parte, simplifica notablemente el sistema productivo ya que la tecnología y la maquinaria necesaria son sustancialmente menores que las requeridas para manejar varios especies diferentes. De este modo el productor se puede “especializar” en un determinado cultivo. Mayores conocimientos y experiencia facilitan la producción y evitan errores costosos. A pesar de algunas claras desventajas que exhibe este sistema, especialmente para la región, debe establecerse que es viable y puede mantenerse en el tiempo. Lo prueban numerosos experimentos de larga duración como el de Bordenave (partido de

Puan), donde se cultiva trigo en forma continua desde 1975. En Rothamsted (Inglaterra), se lo viene haciendo desde 1843.

La sucesión de cultivos y la rotación buscan optimizar el uso del suelo y las posibilidades del ambiente. La alternancia de especies con diferente hábito de crecimiento, precocidad, sistema radical, uso de agua y nutrientes, resistencia a enfermedades, habilidades de competencia y asociación con malezas, produce un mayor equilibrio de la biodiversidad y de las características del suelo. Esto conduce a una combinación de factores que favorece el crecimiento y desarrollo de los cultivos<sup>(10)</sup>. Desde el punto de vista del sistema, permiten organizar y regularizar la producción de granos y pasto a través del tiempo, diversificando rubros productivos y riesgos y generando una mejor distribución de los ingresos a lo largo del año. Como contrapartida, el sistema se vuelve relativamente más complejo que el monocultivo. Se requiere coordinar más actividades, a veces superpuestas, también una mayor diversidad de maquinaria y, por supuesto, habilidades y conocimientos más variados.

En distintas regiones del mundo se han observado incrementos de rendimiento cuando se rompe el monocultivo. Estos incrementos que varían con el cultivo, el sitio y las condiciones climáticas y de manejo, se explican por el llamado “efecto de rotación”. Se produce independientemente de la inclusión de leguminosas en la secuencia y algunos de sus mecanismos todavía no han podido ser totalmente explicados. En el noroeste de la provincia de Buenos Aires, los sistemas continuos de cultivo mostraron menor productividad de maíz (18 %) y de soja (6 %) que los mismos cultivos en sucesión con otros<sup>(11)</sup>. En el partido de Puan, el monocultivo de trigo redujo los rendimientos en un 15 % respecto del trigo en rotación con pasturas de alfalfa y gramíneas y en un 18 % respecto de secuencias avena con vicia-trigo<sup>(12)</sup>.

Las diferencias de rendimiento entre monocultivo y rotación pueden reducirse mediante la fertilización, especialmente nitrogenada. Generalmente los requerimientos de fertilización del monocultivo son mayores y no siempre se puede compensar totalmente el efecto de rotación. Con altos niveles de rendimiento el efecto de la fertilización resulta mayor que con bajos niveles. Como ocurre con muchas técnicas agronómicas, la respuesta a la fertilización y a la rotación se reduce en campañas secas.

La inclusión de leguminosas en la sucesión de cultivos permite la incorporación de nitrógeno biológico. Está demostrado que la fi-

jación biológica incrementa el rendimiento, aunque aún no se ha logrado un método simple para evaluar la cantidad real aportada al cultivo que varía anualmente según la producción de la leguminosa. En la práctica, una buena producción de biomasa y la presencia de nódulos en sus raíces son buenos indicadores de fijación de nitrógeno. En la rotación con pasturas perennes que incluyen leguminosas como alfalfa, el ciclo bajo pastura permite elevar el nivel de materia orgánica y nitrógeno del suelo. A su vez la fertilidad física aumenta por el efecto combinado de la ausencia de labranzas y la descomposición de sistemas radicales densos como los de las gramíneas. Esta fertilidad lograda durante el ciclo ganadero se consume durante el ciclo agrícola promoviendo mayores rendimientos respecto del monocultivo.

La sucesión de cultivos con diferentes características y ciclos contribuye a variar la presión de malezas. Los residuos de algunos cultivos liberan compuestos que actúan como promotores del crecimiento. En consecuencia, bajo monocultivo suelen aparecer malezas que los aprovechan y se acomodan bien al sistema. La mayor frecuencia de aparición de avena fatua y raigrás en monocultivos de trigo es un ejemplo. Otros residuos liberan compuestos tóxicos para ciertas especies. Los de sorgo demoran notablemente la aparición de malezas en el barbecho y en el cultivo siguiente. Además, el cambio de un cultivo a otro con características diferentes interfiere con el ciclo de la maleza lo cual suele disminuir su abundancia. La sucesión de cultivos permite utilizar diferentes herbicidas a lo largo de la secuencia (rotación de agroquímicos), reducir los niveles de aplicación y disminuir la probabilidad de generar resistencia específica a determinadas moléculas.

Parte del efecto de rotación se atribuye a la presencia de factores patogénicos que son estimulados por el clima y la presencia del monocultivo. El cultivo continuo puede favorecer el desarrollo de enfermedades transmitidas por el suelo y los residuos. La rotación rompe el ciclo de vida de los patógenos al introducir un cultivo no hospedante. Localmente se sospecha que la repetición de cultivos de trigo incrementa la incidencia de “pietín” (*Gaeumannomyces graminis var. tritici*) y de “mancha amarilla” (*Drechslera tritici repentis*). La siembra directa suele agravar el problema al mantener los residuos en superficie (figura 8), en contraposición con las labranzas que promueven su descomposición y la eliminación del patógeno. La precipitación y la temperatura afectan la supervivencia del inóculo, la infección por patógenos y la expresión de la enfermedad. Por eso la depresión del

rendimiento suele ser más importante en años lluviosos, que propician condiciones para el desarrollo de estas enfermedades.



**Figura 8.** *Monocultivo de trigo en siembra directa afectado por “mancha amarilla” (*Drechslera tritici*), durante una campaña extremadamente húmeda en el sur del partido de Puan. La enfermedad suele ingresar al lote a través de semillas infectadas, luego el monocultivo asegura la presencia indefinida del patógeno especialmente si los residuos permanecen en superficie.*

La sucesión y rotación de cultivos afectan positivamente la biodiversidad del suelo, produciendo un aumento en la cantidad de predadores naturales que pueden ayudar en el control de insectos y otros organismos perjudiciales. Por todos estos efectos, resultan herramientas fundamentales en el manejo agroecológico, ya que buscan favorecer procesos naturales y evitar el empleo de insumos energéticos externos a la explotación.

Por resultar más dependiente de insumos externos, el monocultivo conduce incrementos relativos en los costos de producción y, aun así, puede presentar limitaciones en los rendimientos. Entonces, si bien es posible y rentable en la región, debe considerarse que incrementa el riesgo económico. Generalmente se asume que para incursionar en esta actividad se debe tener una cierta capacidad financiera para hacer frente a eventuales pérdidas en campañas desfavorables.

En relación con este tema cabe una mención a los “cultivos de cobertura”, también llamados “cultivos de servicio”. Se trata de un cultivo con capacidad de producir abundante biomasa que tiene por principal finalidad cubrir el suelo en el período entre dos cultivos agrícolas, se trate de una sucesión o de un monocultivo. Al cubrir completamente el suelo, el cultivo de cobertura disminuye sustancialmente el riesgo de erosión. También se reduce la presión de malezas, con lo que se evita o disminuye la necesidad de labranzas de repaso o la aplicación de herbicidas. Esto tiene impacto sobre el costo económico y ambiental del sistema. Además representa ventajas adicionales en cuanto a la incorporación de materia orgánica al suelo y la generación de una porosidad favorable por la penetración y posterior descomposición de las raíces. Vicia y centeno son los cultivos de cobertura más difundidos aunque es factible utilizar otros cereales forrajeros de invierno.

Para no impactar negativamente sobre la producción del cultivo principal, el cultivo de cobertura no debe consumir agua o nutrientes reservados para este. Implica que debe sincronizarse su ciclo respetando el período de captación de agua por el suelo, a menos que exista una alta probabilidad de ocurrencia de precipitaciones durante el cultivo principal. En los ambientes relativamente marginales del oeste y sur de la región semiárida el cultivo de cobertura suele interferir con el principal, limitando su utilización. En ambientes menos restrictivos se transforma en una interesante alternativa para sistemas agrícolas puros con largos períodos de barbecho entre cultivos, y especialmente como una forma de interrumpir el monocultivo.



## **/ BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

- (1) United States Department of Agriculture (USDA). Soil Conservation Service. 1961. Land capability clasification. Agricultural handbook N°210. Washington, DC. 21 pag.
- (2) Coma C. 2012. Disponibilidad de suelos agrícolas y ganaderos en el área de la EEA INTA Bordenave (2). Serie: Uso agrícola de los suelos. En: Sistema Soporte de Decisiones EEA INTA Bordenave. <http://ssdinta.hostingbahia.com.ar/modalinformes.php?oficina=todos&tag=todos>
- (3) Frolla F, Zilio J y H Krüger. 2015. Variabilidad espacial de la profundidad del suelo. Métodos de interpolación para el sudoeste bonaerense. Revista RIA 41 N°3:309-316.
- (4) Stafford Smith D, Abel N, Walker B and F Stuart Chapin III. 2009. Drylands: Coping with uncertainty, thresholds, and changes in state. In: F.S. F. Stuart Chapin III, Gary P. Kofinas and Carl Folke (eds.), Principles of Ecosystem Stewardship. Springer Science+Business Media. 401 pag. and maps.
- (5) Krüger H, Frolla F y J Zilio. 2018. Profundidad efectiva del suelo y rendimientos de trigo en el sudoeste bonaerense. Actas XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (digital).Tucumán, Argentina.
- (6) Martens F. 2012. Guía para el uso adecuado de plaguicidas y la correcta disposición de sus envases. Boletín de Divulgación N°41 INTA.
- (7) Real Ortellado M. Comunicación personal.
- (8) Zilio J. 2015. Aspectos de calidad de suelos representativos del sur de la provincia de Buenos Aires y efectos de la actividad agropecuaria sobre la misma. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. 100 pag.
- (9) Miguez F. 2004. Estrategias de fertilización en trigo. Jornada de Trigo Revista Agromercado. En: <https://www.profertilnutrientes.com.ar/archivos/estrategias-de-fertilizacion-en-trigo>.
- (10) Mera M, Rouanet J, Acevedo E y P Silva. 2005. Impactos agronómicos de las rotaciones. Cap. V. En: Rouanet J, Acevedo E, Mera M, Silva P y S Ferrada (Eds.). Rotaciones de cultivos y sus beneficios para la agricultura del sur. Santiago, Chile. 91 pag.
- (11) Díaz Zorita M, Barraco M y D Trasmonte. 2014. ¿Rotaciones o monocultivos en la Pampa Arenosa? Actas XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Bahía Blanca.
- (12) Krüger H. 2015. Secuencias de cultivos con trigo para el ambiente semiárido bonaerense: rendimientos y efectos sobre el suelo. INTA Ediciones. Colección Investigación, desarrollo e innovación. 52 pág.



## / INSTITUCIONES PARTICIPANTES





ADAPTATION FUND



Secretaría de Ambiente  
y Desarrollo Sustentable  
Presidencia de la Nación