

Manual de Buenas Prácticas Agrícolas



Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

Universidad Nacional de La Plata



2017



Manual de buenas prácticas agrícolas / Silvina Inés Golik. [et al.] ;
compilado por Silvina Inés Golik . [et al.]. - 1a ed . - La Plata : Silvina Inés
Golik, 2017. 101 p. ; 21 x 15 cm.

ISBN 978-987-42-5392-7

1. Siembra Directa. 2. Fertilidad del Suelo. 3. Manejo de Plagas. I. Golik,
Silvina Inés II. Golik, Silvina Inés, comp. CDD 630

ISBN 978-987-42-5392-7



9 789874 253927

Manual de Buenas Prácticas Agrícolas

Autores:

Ing. Agr. Bezus Rodolfo¹

Ing. Agr. Chamorro Adriana¹

Dr. Ing. Agr. Golik Silvina¹

Ing. Agr. Pellegrini Andrea¹

Ing. Agr. Voisin Axel²

Ing. Agr. Novillo Bárbara³

Ing. Agr. Sisterna Marina¹

Ing. Agr. Padín Susana¹

Ph.D. Ing. Agr. Simón María Rosa¹

Msc. Ing. Agr. Schierenbeck Matias⁴

¹Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP

²Becario CIC

³Becaria CIC-UNLP

⁴Becario CONICET

ÍNDICE

MANUAL DE BUENAS PRACTICAS AGRICOLAS PARA

CULTIVOS EXTENSIVOS	1
¿Por qué un manual de buenas prácticas agrícolas?	1
¿Qué implican las BPA?	3
¿Quiénes son los beneficiarios de las BPA?	4
¿Cuáles son las principales BPA?	5
¿QUÉ ES EL SUELO?.....	6
¿Por qué hay diferentes suelos?	6
¿Cuál es la composición del suelo?	7
¿Cómo se describe al suelo?	7
Estructura	8
Textura.....	10
La materia orgánica del suelo	12
Dotación y abastecimiento	15
Muestreo de Suelo.....	16
Escala tentativa de interpretación de resultados analíticos.....	21
SISTEMAS DE LABRANZA	24
¿Qué es la siembra directa?	27
¿QUÉ SON LAS ROTACIONES?	29
¿Por qué hacer rotaciones de cultivos? ¿Cuáles son sus objetivos?.....	29
¿Cómo se logran estos objetivos?	29
¿Cómo planificar las rotaciones?	32
MANEJO DE LA NUTRICIÓN DE LOS CULTIVOS.....	37
¿Por qué es necesario fertilizar los cultivos?	37
¿Cómo debemos fertilizar nuestros cultivos?.....	38
Fertilización mineral.....	39

Abonos orgánicos	48
MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS, ENFERMEDADES Y MALEZAS	59
¿A qué llamamos biodiversidad y por qué es importante?	59
MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS.....	61
¿Qué es el manejo integrado de plagas (MIP)?.....	65
MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES	68
¿Qué es una enfermedad en una planta?.....	68
¿Qué son los patógenos biótrofos y necrótrofos?.....	68
¿Qué es el Manejo Integrado de Enfermedades?	69
Principales estrategias del MIE	70
¿Cómo podemos implementar un MIE?.....	73
MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS	74
¿Por qué se considera que la presencia de malezas en los cultivos es un problema?.....	74
¿Manejo a corto plazo o manejo a largo plazo?	77
CORRECTA APLICACIÓN Y MANIPULACIÓN DE PLAGUICIDAS	85
¿Cómo se compone el equipo de protección para aplicar plaguicidas?.....	85
¿Todos los plaguicidas son igualmente peligrosos?.....	86
¿Qué precauciones se debe tomar con respecto a la manipulación de los plaguicidas?	89
Y ¿Cómo se puede proteger a los consumidores?	89
BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA.....	91

MANUAL DE BUENAS PRACTICAS AGRICOLAS PARA CULTIVOS EXTENSIVOS

¿Por qué un manual de buenas prácticas agrícolas?

Desde mediados del siglo pasado la agricultura ha sufrido grandes cambios. En el mundo y en nuestro país la superficie y la producción agrícola se han incrementado de manera nunca pensada. Los avances tecnológicos permitieron no sólo el incremento de la producción en las zonas tradicionalmente agrícolas, sino también el avance geográfico de la agricultura, que se instaló en zonas donde antes no era posible. Sin embargo, todo esto ha tenido costos. Costos ecológicos como la pérdida de capacidad productiva de los suelos por erosión, por pérdida de materia orgánica, por pérdida de nutrientes, por contaminación, salinización, desertización. También se ha producido la contaminación de aguas, tanto superficiales como subterráneas, con fertilizantes y con plaguicidas. Es enorme la pérdida de biodiversidad, hoy reconocida como uno de los pilares de la producción agrícola, producida por la acción directa de los plaguicidas o por contaminación de los distintos compartimentos del ambiente (suelos, aguas, aire) con estos productos o con sus productos de degradación, pero también por el cultivo de grandes extensiones agrícolas con una o pocas especies, es decir, de una agricultura altamente especializada. Los plaguicidas y los fertilizantes, además de afectar a las plantas, animales, insectos y microorganismos también afectan a las personas, por distintas vías: por consumo de vegetales que contienen sus residuos, consumo de aguas contaminadas o respiración de aire contaminado, en el caso de los plaguicidas se han producido aplicaciones directas en zonas pobladas, envenenamiento de operarios por mala manipulación, o de otras personas por mala disposición de los envases vacíos, o fallas durante la producción y transporte de estos productos. Y la agricultura actual también ha tenido un costo económico y social: desaparición de la pequeña y mediana empresa (industriales y agropecuarios), aumento creciente del desempleo urbano y rural, fuertes migraciones internas y externas, pauperización de los ingresos y flexibilización laboral, que junto con una débil o inaplicable legislación ambiental impactan y degradan por igual, recursos naturales y humanos.

En consecuencia, tanto desde una visión ecológica, como económica y social **es necesario modificar la forma en que se practica la agricultura** a fin de reducir los impactos mencionados.

La FAO (2004) reconoce que la productividad agrícola como imperativo del mercado ha afectado, principalmente a los establecimientos agropecuarios más pequeños y familiares, cuya sostenibilidad y viabilidad se ve amenazada. Al mismo tiempo, ve a los numerosos consumidores intoxicados por alimentos contaminados y a la sostenibilidad de la actividad agropecuaria como dos caras de la misma moneda. En este marco, **define a las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) como “la aplicación del conocimiento disponible para 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”**.

Dicho de manera más simple, las BPA son un conjunto de recomendaciones y actividades aplicables a las diversas etapas del proceso de producción agrícola, orientadas a generar productos de calidad, considerando la sostenibilidad económica, social y ambiental

La implementación de las BPA tiene como objetivo la producción de alimentos y otros productos necesarios para el hombre, que sean sanos, inocuos y de calidad, mediante el cuidado de los procesos y las condiciones de producción, y el cuidado, principalmente, de la salud del trabajador rural y su familia y de la sociedad en su conjunto, como así también la preservación de los recursos naturales.

La FAO sostiene que las BPA en la actualidad más que un atributo, son un componente de competitividad, que permite al productor rural diferenciar su producto de los demás oferentes, con todas las implicancias económicas que ello hoy supone (mejores precios, acceso a nuevos mercados, consolidación de los actuales, etc.)

La aplicación de las BPA implica el conocimiento, la comprensión, la planificación y mensura, registro y gestión orientados al logro de objetivos sociales, ambientales y productivos específicos.

Las BPA comprometen al productor a “hacer las cosas bien” y

“dar garantías de ello”. Son normas de aseguramiento de calidad, que se deben aplicar durante la producción primaria, procesamiento y transporte de productos agrícolas, para asegurar la inocuidad de los alimentos, proteger el ambiente y al personal que trabaja en el campo y en plantas procesadoras.

Las BPA brindan ventajas competitivas a los productores que diferencian su producto, a la vez que promueven la sustentabilidad ambiental, económica y social de la empresa agropecuaria. Su adopción se traduce en obtención de alimentos sanos. Incorporan un nivel superior a la “garantía mínima” otorgada por las normas oficiales, respecto a la inocuidad de los productos.

Dado que la aplicación de este sistema de producción es de carácter voluntario, las BPA se asocian a una característica diferencial o a un atributo de valor en un alimento.

Las buenas prácticas agrícolas buscan mantener los recursos naturales de los cuales depende y también mejorar las condiciones de vida de los recursos humanos, el productor, su familia y el personal involucrado en la producción (figura 1).

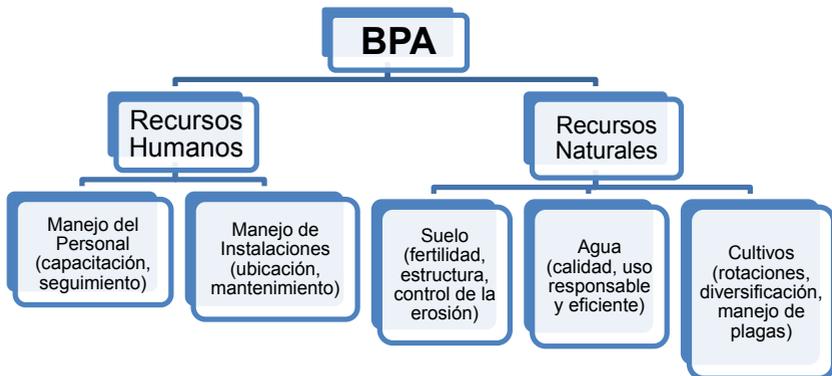


Figura 1: Las BPA influyen sobre los recursos humanos y naturales.

¿Qué implican las BPA?

- La aplicación de las BPA implica el conocimiento, comprensión, planificación, medición, registro y gestión orientados al logro de objetivos sociales, ambientales y productivos específicos.

- La adopción por parte de productores y empresas exportadoras, de una serie de cambios tecnológicos y metodológicos relacionados con la manera de producir y procesar el producto.
- La utilización de herramientas que busquen demostrar (mediante procesos adecuados y evidencia de éstos) que se están haciendo las cosas correctamente a lo largo de una cadena agroalimentaria.
- Acrecentar la confianza del consumidor en la calidad e inocuidad del producto.
- Minimizar el impacto ambiental.
- Racionalizar el uso de productos fitosanitarios.
- Racionalizar el uso de recursos naturales (suelo y agua) y energía.
- Asumir una actitud responsable frente a la salud y seguridad de los trabajadores.
- Ofrecer un mecanismo para llevar a cabo medidas concretas en pro de la agricultura y el desarrollo rural sostenible.
- Ofrecer la base de la acción internacional y nacional concertada para elaborar sistemas de producción agrícola sostenibles.

En síntesis, la finalidad de las BPA es hacer que los sistemas de producción agrícola sean más sustentables, en un mundo donde las cadenas alimenticias están cada vez más globalizadas.

¿Quiénes son los beneficiarios de las BPA?

- Los productores, que obtienen un mayor valor agregado por sus productos y mejor acceso a los mercados; que al aplicarlas y garantizar su cumplimiento, mejoran sus procesos internos y logran el reconocimiento por su responsabilidad social y ambiental
- Los consumidores, que pueden adquirir productos de mejor calidad e inocuos, producidos en forma sostenible.
- El trabajador rural y su familia, por trabajar en condiciones de seguridad, salud y bienestar
- La industria, que se asegura una materia prima en mejores condiciones.
- El comercio, que genera mayores ganancias por ofrecer mejores productos.
- El sector agrícola, que mejora su reputación y genera un valor agregado que contribuye a aumentar su competitividad
- La sociedad en general, al contar con un sector responsable y organizado que aporta al desarrollo sostenible de la comunidad

- La población en general, que disfruta de un mejor medio ambiente por una menor contaminación del agua y suelo, manejo racional de los agroquímicos y preservación de la biodiversidad.

Las buenas prácticas agrícolas buscan la sustentabilidad del sistema de producción en su conjunto en sus tres dimensiones, ecológica, económico y sociocultural. Pero también buscan el beneficio de la sociedad en su conjunto a través de la producción de alimentos sanos e inocuos (figura 2).

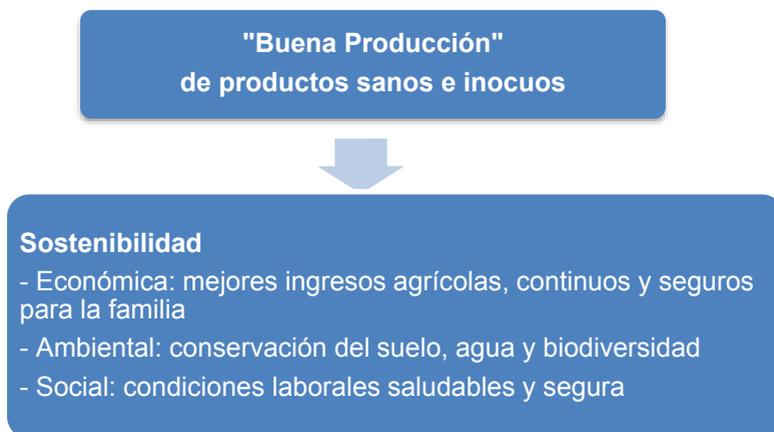


Figura 2: Las BPA buscan la sustentabilidad del sistema de producción y la obtención de productos sanos e inocuos.

¿Cuáles son las principales BPA?

Cualquier enumeración de BPA para la producción agrícola debería incluir:

- Los sistemas de labranza.
- La rotación de cultivos y actividades
- El manejo racional de la nutrición vegetal.
- El manejo integrado de malezas, plagas y enfermedades de los cultivos.
- El correcto manejo de los fitosanitarios y su aplicación.

Las tres primeras están relacionadas principalmente con la conservación del suelo, base de la producción agrícola. La tercera, manejo integrado de las distintas adversidades, busca evitar las pérdidas producidas por estas, pero reduciendo el uso de plaguicidas e intentando mantener la biodiversidad, elemento que en

las últimas décadas ha sido reconocido como un importante componente de los sistemas de producción.

La correcta aplicación y manipulación de los fitosanitarios, principalmente apunta al cuidado de las personas que intervienen en estas tareas y también busca evitar que otras personas tomen contacto con los plaguicidas por un mal manejo de los mismos.

En las páginas siguientes iremos tratando brevemente cada una de estas prácticas.

Debido a que el suelo, como recurso natural, es una de las bases de la producción agrícola, es necesario conocer sus características para poder evaluar los efectos que las distintas prácticas tienen sobre capacidad productiva. Por ello, primeramente abordaremos este tema.

¿QUÉ ES EL SUELO?

El suelo es el soporte natural en el que se desarrollan las producciones agrícolas, ganaderas y forestales.

El aumento de la población mundial imprime una presión a los suelos expandiendo año tras año las fronteras agrícolas. El desafío para las futuras generaciones es posibilitar la producción de alimento sin comprometer el recurso suelo.

Los suelos no son inertes, ni indestructibles, son dinámicos y están sujetos a la degradación. Es un recurso no renovable.

¿Por qué hay diferentes suelos?

El suelo es la resultantes de la combinación de los 5 factores formadores más posible intervención del hombre (figura 3).

La variación de cada uno de los factores da como resultado diferentes suelos.

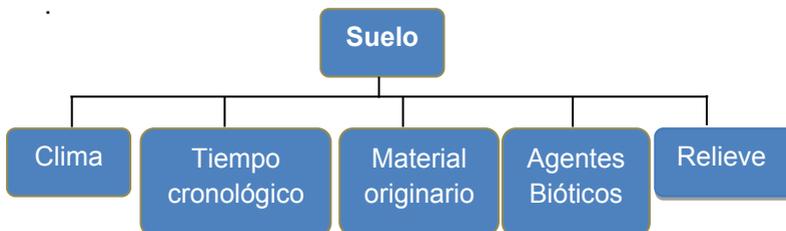


Figura 3: Factores formadores de los suelos.

La descomposición de la roca madre suministra los elementos minerales, mientras que los restos de vegetación y de fauna dan lugar a la formación de la materia orgánica

¿Cuál es la composición del suelo?

Los suelos en producción están en general formados de una parte sólida (50%) y una no sólida (50%) que contempla aire, agua raíces, microorganismos y fauna edáfica. Los porcentajes variarían según particularidad de cada suelo (figura 4).

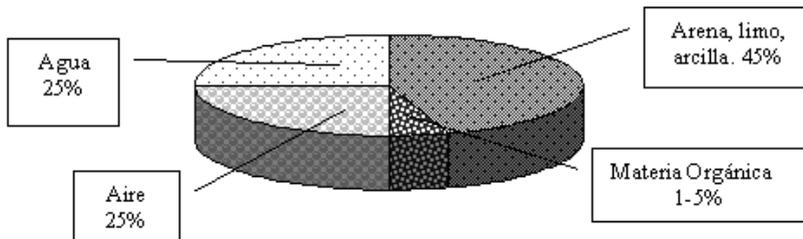


Figura 4: Proporciones volumétricas de los principales componentes del suelo

El suelo es un sistema abierto, dinámico, constituido por tres fases. La parte sólida está formada por los componentes inorgánicos y orgánicos, fase heterogénea y discontinua, que dejan huecos. Las plantas están en contacto con una enorme variedad de tamaños y formas de partículas, generalmente asociadas formando agregados, conformando la estructura del suelo.

¿Cómo se describe al suelo?

Es a través del perfil, que se define como un corte vertical del terreno que permite describir al suelo en su conjunto desde la superficie hasta el material original. Se construye un pozo de observación o calicata, cuya profundidad depende de la naturaleza del suelo en general entre 1 a 3 m de profundidad (figura 5a).

En el perfil edáfico se reconoce una sucesión de *horizontes* o *capas* (figura 5b). En los **horizontes** se reconocen procesos formadores que determinan propiedades morfológicas y analíticas, que resultan de la acción de los factores formadores. La *capa* es un

material original sin evolución, por ejemplo depósitos recientes de cursos de agua denominados aluvión.



Figura 5: a) Calicata; b) Horizontes de un perfil del suelo

Estructura

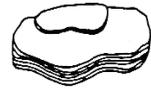
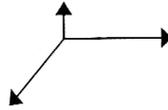
Es la propiedad física que resulta del modo de agregación de las partículas sólidas expresada por:

- Organización de cuerpos o agregados de formas y tamaños variables
- Poros de distinto tamaño resultantes de la organización de dichos agregados.

Según su forma se definen diferentes tipos de estructuras.

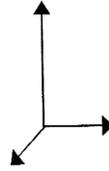
Estructura laminar: conformada por láminas delgadas dispuestas en forma horizontal. Muy común en los suelos que predomina el limo (Franco limoso, limoso). Suelen producir problemas de infiltración y drenaje. No es una estructura adecuada para el desarrollo de la raíces.

Laminar



Estructura prismática: Los terrones son más altos que anchos. Generalmente se presenta en suelos en el horizonte B que acumulan arcillas primordialmente por ganancia.

Prismática



Estructura columnar: son prismas con sus bordes superiores redondeados por el efecto del sodio que actúa como agente dispersante.

Columnar



Estructura de bloques: Son terrones más o menos cuadrados y algo más grandes que la granular. Suelen tener abundante espacio poroso y grietas. Los angulares son superficies planas, de aristas vivas y con vértices. Los subangulares su superficies no es muy planas, de aristas romas y sin formación de vértice.

Bloques angulares



Bloques subangulares



Estructura granular: los agregados son de reducido a mediano tamaño con espacio poroso adecuado para favorecer condiciones de aireación y exploración de raíces. Es frecuente en horizonte A.

Granular compuesta



Migajosa

Estructura migajosa: Es similar a la granular pero con poros en su interior. Asociada a altos contenidos de materia orgánica.

Hay suelos sin estructura, es decir no desarrollan agregados. Son **grano simple**, partículas que se comportan independientemente y **masiva** donde el suelo se observa compacto.

Textura

La textura se refiere a la expresión porcentual de las fracciones granulométricas arena, limo y arcilla, partículas primarias menores de 2 milímetros de diámetro. La combinación de estas 3 fracciones determina la clase textural.

La textura es una de las propiedades permanentes del suelo, no obstante puede sufrir cambios por laboreo (mezcla de horizontes), erosión eólica (suelos más gruesos por pérdida de material), erosión hídrica (deposición de materiales más finos).

Principales características de las fracciones granulométricas:

En los suelos estas fracciones se hallan íntimamente relacionadas entre sí con los otros componentes del suelo, sin embargo cada fracción confiere propiedades particulares.

- Arena (50 a 2000 μm): Conforman la fracción esquelética del suelo, con partículas que dejan macroporos entre sí, los que aumentan la permeabilidad y por lo tanto son pobres almacenadores de agua. Debido a su baja superficie específica y falta de cargas le confieren baja fertilidad a los suelos. Por su baja capacidad para formar estructura es una fracción susceptible a la erosión. Su consistencia en mojado es: no es plástico ni adhesivo. Impresiona al tacto como abrasivo, al poder apreciar grano por grano con sus espacios intermedios.

- Limo (entre 2 y 50 μm): Es una fracción derivada de la anterior por alteración física. Su tamaño de partícula es inferior, dejando poros también más pequeños, donde almacena agua. En general de baja actividad superficial por lo que es baja la fertilidad química. Los suelos con predominio de limo favorecen el encostramiento superficial, limitando a veces la permeabilidad e infiltración. Su consistencia en mojado es plástico, al poder deformarse, pero no adhesivo o a lo sumo algo adhesivo, al no poseer actividad superficial. Impresiona al tacto suavemente, similar al talco

- Arcilla (< 2 μm): Es la fracción más fina. Por su pequeño tamaño de partícula, tiene valores muy elevados de superficie específica activa, por lo que incide fundamentalmente en la fertilidad de los suelos. Forma cuerpos de elevadas porosidad, con predominio de microporos. Suelos con predominio de textura arcillosa poseen permeabilidad e infiltración baja. Su consistencia en mojado se comporta como muy plástico y adhesivo, firme en húmedo y duro en seco.

Las **clases texturales** son agrupamientos donde las propiedades dependientes de la textura presentan un comportamiento homogéneo (propiedades agronómicas homogéneas). Indica el grupo de partículas preponderantes. Las clases texturales definidas por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA) son 12 y se disponen en un triángulo de textura, como se observa en la figura 7 a continuación.

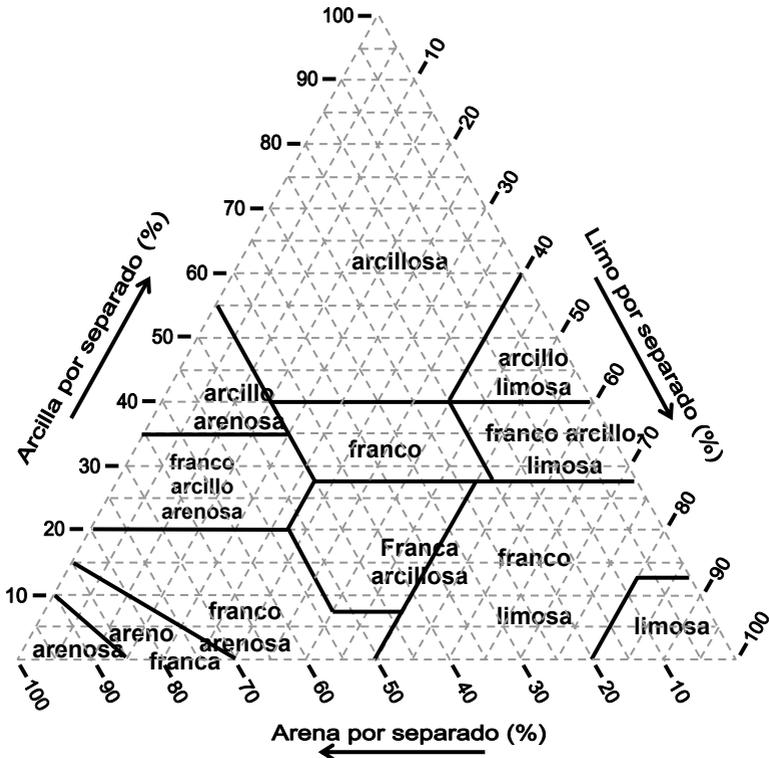


Figura 7: Triángulo de clases texturales del suelo según el tamaño de las partículas, de acuerdo con el USDA.

La textura franca es la que asegura las mejoras cualidades para el desarrollo de las plantas por poseer un adecuado gradiente de partículas finas, que brindan superficie activa, almacenaje de nutrientes y agua y una fracción gruesa que posibilita buena permeabilidad y por lo tanto aeración. Resulta ser además la clase que posee mayor tendencia a formar estructura. La consistencia es por lo general ligeramente duro en seco, friable en húmedo, plástico y ligeramente adhesivo.

La materia orgánica del suelo

La materia orgánica del suelo, en forma general, se la define como la fracción orgánica que involucra micro y meso-organismos que habitan el suelo, raíces y todo material proveniente de organismos muertos. Contiene residuos frescos, parcial y totalmente descompuestos es decir los que sufrieron descomposición, transformación y resíntesis (humus).

En el horizonte superficial de suelo cultivado la fracción viva, definida como edafón, representa entre el 10-15% de la materia orgánica.

La materia orgánica contiene los aproximadamente 60 elementos que moviliza la actividad biológica pero está compuesta mayoritariamente por C (50 a 60%), O (35 a 45%), H (4 a 7%) y N (2 a 5%). En menor cantidad P, S, Ca, Mg, K y las trazas de microelementos (Conti, 1998).

En los suelos de la pradera pampeana, de condiciones de ambientes templados húmedo se privilegia la formación de humus con formas poco móviles y de elevado peso molecular denominados ácidos húmicos y huminas; muy antiguas, datados en miles de años. Principalmente en relieves llanos, con suaves lomadas y pendientes donde la napa freática se encuentre fuera del ambiente rizosférico. Poseen habitualmente entre el 3 y 5 % de materia orgánica, le confieren al suelo tonalidades oscuras. Su contenido se ve disminuido por el uso agrícola sin manejo conservativo pudiendo ser utilizado como variable para medir el impacto del uso y la calidad de suelo.

Dinámica de la Materia Orgánica del suelo

La materia orgánica muerta puede sufrir la **mineralización primaria** (figura 8), donde se transforma en elementos minerales

solubles o gaseosos tales como NH_3 , NH_4^+ , NH_2^- , PO_4H^- , POH_2^- , SO_4^- , H_2O , CO_2 y en monómeros de las sustancias complejas o simplificación de grandes cadenas orgánicas. Parte del producto del proceso son los nutrientes que toma el vegetal. Corresponde al comienzo del ciclo de la materia orgánica del suelo, es rápido transformándose entre un 50-90 % por año de los materiales aportados, salvo residuos con elevado contenido de componentes resistentes como lignina, taninos.

Al mismo tiempo parte de los restos orgánicos, derivan en el proceso de **humificación** que originan complejos coloidales llamadas sustancias húmicas o más específicamente **materia orgánica** del suelo.

La **mineralización secundaria** se produce sobre el humus o materia orgánica vieja del suelo, productos de alto peso molecular, estables, pueden volver a biodegradarse para liberar sus componentes. Corresponde a una etapa muy avanzada del ciclo de la materia orgánica del suelo, es lenta, transformándose el 1 al 4 % anualmente.



Figura 8: Dinámica de la materia orgánica del suelo.

El hombre a través de manejo del suelo modifica la dinámica de la materia orgánica. La incorporación de pasturas en las rotaciones, que dejan rastrojos en el suelo son prácticas positivas. La degradación de los suelos se plantea cuando hay carencia o muy bajo aporte de biomasa a los suelos y se favorece la mineralización secundaria por exceso de laboreo principalmente bajo labranza

convencional.

Propiedades de la Materia Orgánica

La Materia orgánica de los suelos es un indicador evolutivo y de la calidad del suelo.

Influye en la estructura del suelo, el humus conforma los complejos arcillo-húmicos a partir de los que se organizan en unidades estructurales más grandes y más complejas. Crean un sistema de poros del suelo más estable ante la acción del agua y del pasaje de maquinaria. Aumenta la porosidad, preferentemente macroporosidad, favorece la conectividad de poros, incrementa la permeabilidad del aire y agua. Mejora la infiltración de agua en el suelo. La materia orgánica puede retener más agua que la fracción mineral. Mejora la aeración Aumenta la profundidad efectiva del suelo.

Oscurece el color del suelo por lo que aumenta su capacidad de captar radiación solar. Poseer calor específico más elevado que la fracción inorgánica lo que implica la atenuación de los cambios bruscos de temperatura en el suelo.

Es la fuente de hasta el 98 % del nitrógeno y de azufre, y entre 30% a 50% de fósforo que pueden necesitar las plantas. Forma quelatos que favorecen la movilidad del Fe, Zn, Cu y Mn.

Posee poder tampón frente a los cambios bruscos de pH.

La materia orgánica posee cargas en su superficie, varía su intensidad y signo de acuerdo al pH del medio. Predominan las negativas en los suelos de pH neutro, por lo que adsorbe iones preferentemente positivos. La capacidad de intercambio catiónico de la materia orgánica es superior a todos los coloides del suelo. Esta propiedad posibilita adsorber plaguicidas y elementos pesados evitando que percolen hacia los acuíferos.

Fertilidad edáfica: capacidad que tiene un suelo de brindar las condiciones químicas y física para un crecimiento equilibrado de los vegetales.

Fertilidad ecológica: integra los conceptos de fertilidad edáfica con las condiciones ambientales o extraedáficas (provisión de agua, temp, etc.) que permiten en conjunto el crecimiento equilibrado de los vegetales.

Dotación y abastecimiento

La fertilidad de un suelo está definida por 2 parámetros principales, **dotación** (propiedades químicas) **y abastecimiento** (propiedades físicas y físico-químicas). Estos parámetros se encuentran estrechamente vinculados y si bien, cada uno debe ser analizado en forma individual, resulta imprescindible además, establecer sus relaciones en el paisaje ya que en general dichas relaciones son las que posibilitan la productividad para un sitio y cultivo dado.

Dotación

Es la cantidad de nutriente que podría ser tomado por los cultivos en el corto, mediano y largo plazo. Es definido por tres factores: *Intensidad - Capacidad - Renovación*.

- Intensidad: es la cantidad de nutriente disponible inmediatamente por el cultivo. Ejemplo valor absoluto de algún elemento soluble (NO_3^- , HPO_4^- ppm, mg/l)
- Capacidad: es la reserva del nutriente en el suelo que puede estar disponible para la planta en el mediano a largo plazo. Por ejemplo nitrógeno total (Nt)
- Renovación: es el proceso mediante el cual el factor capacidad se transforma en el factor intensidad. Si bien varía con el elemento, en general se asocia a las condiciones que promuevan la mineralización de la materia orgánica, solubilización de precipitados, sales, y meteorización de minerales. Ejemplo proceso de mineralización de la materia orgánica que contiene el Nt, que se transforma en NO_3^- .

Abastecimiento

Condiciones del medio que posibilitan que un determinado nivel de nutriente medido en laboratorio, efectivamente esté disponible para las plantas. Las propiedades del suelo que definen el abastecimiento son las que garantizan que ocurran los procesos responsables de la transformación de las reservas del nutriente a formas asimilables por las plantas (ejemplo materia orgánica a Nt a NH_4^+ y NO_3^- , en cada etapa participan bacterias con condiciones definidas de desarrollo).

En términos generales puede indicarse que representan aquellas propiedades que condicionan la solubilidad de nutrientes, movimiento del agua y aire para la vegetación y biología edáfica.

Las principales propiedades que determinan al abastecimiento son:

- Propiedades físicas: textura, estructura, porosidad, densidad aparente, color, profundidad y estratificación (secuencia de capas u horizontes), relacionadas con el drenaje de los suelos.
- Conductividad eléctrica (CE) mide sales solubles en agua.
- RAS (Relación de Adsorción Sodio), Na soluble, respecto a Ca y Mg solubles.
- PSI (Porcentaje de Sodio Intercambiable), Na intercambiable respecto a la CIC (capacidad de intercambio catiónico medido por AcNH_4 , pH 7, 1N).
- pH del suelo.

Muestreo de Suelo

No existe una técnica única de muestreo pues es condicionada por las variables del suelo que se analizan. Sin embargo hay criterios básicos que se deben respetar para lograr los mayores beneficios al momento de definir las prácticas de manejo y conservación. Los monitoreos permanentes de las actividades permiten tomar las mejores decisiones en sus lotes asegurando el mantenimiento y aumento de sus niveles de productividad.

El objetivo principal del muestreo de un suelo para lograr una recomendación de fertilización es obtener una muestra que represente en forma precisa el estado de fertilidad del lote donde fue tomada.

Área a muestrear

Los campos no son homogéneos, presentan variabilidad horizontalmente representado por diferentes suelos y variables verticales propias de cada suelo.

Primeramente se deberá realizar un relevamiento del terreno de manera de dividir en áreas uniformes respecto a la topografía. Además hay que tenerse en cuenta los diferentes manejos, cultivos, fertilizantes, rotaciones.

Muestrear áreas homogéneas. Si existieran manchones o

problemas localizados deberán muestrearlos individualmente. Si estas áreas son pequeñas serán omitidas.

Forma de muestreo

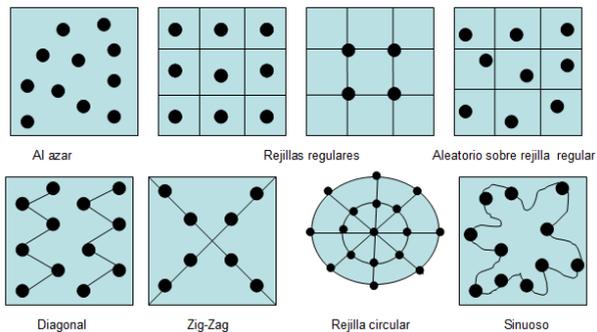
La zona a muestrear debe ser homogénea por lo que es de suma importancia definir unidades de muestreo.

Existen diferentes formas de obtener una muestra representativa. La técnica más sencilla, muy usada, consiste en tomar, sobre el área a muestrear, submuestras al azar. Luego se mezclan para obtener una muestra compuesta que es la que se remite al laboratorio

Sítios de muestreo

Los patrones de muestreo se definen como las diferentes formas en las que se pueden distribuir los puntos de muestreo en el plano horizontal, para cada sitio en particular, conociendo sus características u motivos del muestreo. En forma sistemática a partir del centro de una cuadrícula, en sus vértices, al azar dentro de la cuadrícula, sobre un recorrido en zig zag, puntos sobre diagonales que cortan el lote a muestrear, en base a una rejilla circular o en forma asimétrica: sinuosa (figura 9).

Figura 9:
Patrones de recorrido para la extracción de submuestras.



La toma de muestras representativas se convierte en un punto crucial para lograr confiabilidad en los análisis de suelo, que no dejan de ser mediciones indirectas e imperfectas.

Determinación del número de submuestras

Es importante tener claro dos conceptos diferentes: exactitud y

precisión. La exactitud indica cuan cercano esta el valor del análisis de suelo del contenido real del campo y la precisión describe la reproductividad de los resultados. Estas dos variables son aseguradas por el número de submuestras. Alto niveles de exactitud y precisión garantizan una muestra que representa el área muestreada y cuyos resultados son reproducibles cuando se remuestree el sitio.

Para cultivos extensivos (cultivos y pradera) se recomienda 1 submuestras cada 2 -3 ha. Cada muestra compuesta deberá estar constituida por 10 -30 submuestras.

En cultivos intensivos (quintas, frutales) relevar por cada muestra compuesta 1 ha, tomando 15 submuestras.

¿Cuándo muestrear?

Si el objetivo es muestrear el suelo para un análisis general de fertilidad se sugiere realizarlo al inicio de cada ciclo de rotación. Se evalúan parámetros que varían muy lentamente como ser pH, materia orgánica, nitrógeno total, cationes intercambiables, fósforo disponible. Sin embargo si el objetivo es el diagnóstico de fertilización respecto a propiedades muy dinámicas, como nitratos y sulfatos, se deberá efectuar antes de cada campaña, lo mas cerca de la siembra o fertilización. Dejar pasar 48 h después de lluvias o riego.

¿Quién toma la muestra?

La principal causa de errores en el análisis de suelo es el muestreo antes que los errores de los procedimientos analíticos los que se realizan bajo protocolos estandarizados.

Los muestreos deben ser programados, realizados por personas idóneas, con conocimiento de las características del campo y respetando el objetivo del mismo.

La importancia del muestreo radica principalmente que se lleva al laboratorio entre 0,5 a 1 kg que representan aproximadamente 0,000025 a 0,00005% del peso de 1 hectárea de un espesor de 20 cm, de densidad de 1g. cm^{-3}

Materiales para el muestreo

- Pala limpia de óxido (principalmente si el muestreo contempla el

análisis de micronutrientes).

- Barreno o calador. Tiene la ventaja que siempre se obtiene una muestra del mismo tamaño. Son complicados de usar en suelos muy arcillosos muy secos. Es importante que este bien filado para provocar un corte uniforme.
- Bolsas resistentes y limpias. No usar bolsas que contuvieron fertilizantes, cal o plaguicidas.
- Balde y/o lona para mezclar las submuestras que conformarán la muestra compuesta.
- Cuchillo.
- Marcadores indelebles y tarjetas identificatorias.

Profundidad de muestreo

La profundidad del muestreo depende del elemento o propiedad del suelo que se desee cuantificar.

Nitrógeno total, materia orgánica, pH capacidad de intercambio, cationes intercambiables y los micronutrientes normalmente se miden en la capa superficial del suelo de 0 a 15 cm o de 0 a 20 cm ya que es la profundidad donde se encuentran la mayor concentración de raíces de la mayoría de los cultivos agrícolas. Para pasturas la profundidad es un poco menor de 0 a 10 cm o de 0 a 15 cm.

Los nutrientes móviles: nitratos y sulfatos presentan variabilidad en profundidad por tal motivo debe ser analizados estratificados entre 0-20 cm, 20-40 cm y 40 -60 cm o de 0 30 y 30 a 60 cm.

Extracción de las muestras

Tener en cuenta:

- Los implementos a utilizar deberán estar limpios. Evitar la contaminación de las muestras.
- No tomar muestras en caminos, canales, sector linderos a la casa, estanques, establos, lugares donde se almacenan productos químicos, orgánicos y donde se realizan quemas.
- Procedimiento: eliminar la cobertura vegetal con cuidado de no sacar suelo. Cavar un hoyo en forma de V. Luego sacar de la profundidad preestablecida una palada de 3 cm de grosor y con cuchillo eliminar los bordes, quedarse con una longa de 3 cm.

Introducir cada submuestras en un balde o bolsa, desmenuzar los terrones.

- Si se utiliza barreno introducir hasta la profundidad deseada y colocar en balde o bolsa.
- No mezclar muestras de sitios y/o profundidades diferentes.

Una vez conformada la muestra, por el número de submuestras preestablecida, si tenemos más de 1 kg de muestra se debe realizar una técnica de fraccionamiento o cuartero hasta llegar al peso requerido.

¿Cómo se realiza el cuartero?

El proceder correcto es desmenuzar la muestra y dividir la misma en cuatro partes iguales de las cuales se seleccionan los opuestos para conformar una nueva muestra. Si persiste el exceso de muestra se deberá realizar un nuevo cuartero (figura 10)

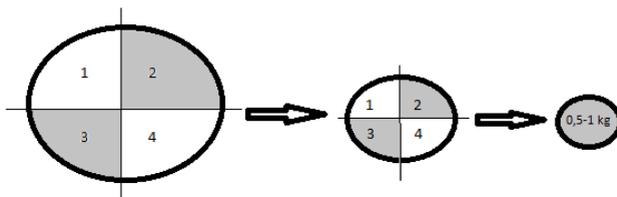


Figura 10: Selección de muestra por cuartero.

Se sugiere trasladar las muestras en doble embozado entre las mismas introducir la tarjeta que identifica la muestra.

No dejar la identificación de la muestra dentro de la bolsa en contacto con el suelo, pues es factible que si la muestra está húmedo, el rotulo se deteriore pudiendo perderse los datos.

Tarjetas identificatoria o rótulo

Deben consignarse:

- Nombre del establecimiento
- Identificación del lote
- Profundidad de muestreo
- Datos del remitente
- Fecha de muestreo
- Observaciones o datos relevantes

Conservar la muestra en lugar fresco y enviar lo antes posible al laboratorio.

Si el objetivo es analizar nitratos y/o sulfatos las muestras deberán conservarse refrigeradas para lo que se podrá utilizar conservadores de telgopor con refrigerantes o en heladera común y deberán ser remitidas al laboratorio con una demora no mayor a 24 - 48 h.

Si el objetivo son los análisis no variables en el corto tiempo y si hubiera demora en el envío de las muestras: desmenuzar cada muestra y secarlas sobre una lona o plástico limpio, formando una capa de 2 cm de altura, al aire libre, no al sol. Una vez secas reembolsar.

Escalas tentativas de interpretación de resultados analíticos

Con los resultados de los análisis de laboratorio realizados a partir de las muestras de suelo, se podrá identificar posibles deficiencias o problemáticas. A continuación se listan algunos de los criterios utilizados para suelos de la región pampeana.

Tabla 1: Calificación según conductividad eléctrica (dSm/m)

Conductividad eléctrica (dSm/m = mmohs/cm)	Calificación
0 – 2	Baja
2 – 4	Moderada
4 – 8	Alta
8 – 16	Extremadamente alta

Tabla 2: Calificación de la sodicidad en base al porcentaje de sodio intercambiable (PSI)

PSI (%)	Calificación
Menor de 4	Baja
4 - 8	Ligera
8 - 15	Moderada
15 - 20	Alta
Más de 20	Muy alta

Tabla 3: Criterios generales para la calificación del pH

pH en agua (relación 1: 2,5)	Calificación
< 4,5	Extremadamente ácida
4,5 - 5,0	Muy fuertemente ácida
5,1 - 5,5	Fuertemente ácida
5,6 - 6,0	Moderadamente ácida
6,1 - 6,5	Levemente ácida
6,6 - 6,9	Muy levemente ácida
7,0	Neutra
7,1 - 7,3	Muy levemente alcalina
7,4 - 7,8	Levemente alcalina
7,9 - 8,4	Moderadamente alcalina
8,5 - 9,0	Fuertemente alcalina
> 9,0	Muy fuertemente alcalina

Tabla 4: Criterios para la calificación de la capacidad de intercambio catiónica.

Capacidad de intercambio catiónica (CIC) (cmolc . kg ⁻¹)	Calificación
0 – 5	Muy baja
5 – 10	Baja
10 - 17	Moderada
17 – 25	Alta

Tabla 5: Criterios generales para la calificación de la saturación básica (S) y bases respecto a la capacidad de intercambio catiónico

Un suelo fértil posee entre el 75 y 90 % de saturación de bases (S)

$$S (\%) = (Ca + Mg + Na + K \text{ intercambiables}) \times 100 / CIC$$

Porcentaje de saturación respecto a la CIC	%
Cálcica	65-85
Magnésica	6-12
Potásica	2-5

Tabla 6: Criterios generales para la calificación del contenido de carbono orgánico y materia orgánica.

Carbono orgánica (%) (Walkley - Black)	Materia orgánica (%)	Calificación
< 0,75	<1,3	Muy deficiente
0,75 – 1,24	1,3 - 2,1	Deficiente
1,25 – 1,49	2,2 - 2,5	Moderadamente deficiente
1,50 – 1,99	2,6 - 3,3	Moderadamente provisto
2,00 - 3,00	3,4 - 5,2	Bien provisto
> 3,00	>5,2	Muy bien provisto

Tabla 7: Criterios generales para la calificación del contenido de nitrógeno total

Nitrógeno total (%) (Kjeldahl)	Calificación
< 0,075	Muy deficiente
0,075 - 0,124	Deficiente
0,125 - 0,149	Moderadamente deficiente
0,150 - 0,199	Moderadamente provisto
0,200 - 0,300	Bien provisto
> 0,300	Muy bien provisto

Tabla 8: Criterios generales para la calificación del contenido de fósforo extractable

Fósforo extractable (ppm= mg/kg) (Bray-Kurtz N°1)	Calificación
< 5	Muy deficiente
5 - 7,5	Deficiente
7,5 - 12	Moderadamente deficiente
12 - 20	Moderadamente provisto
20 -30	Bien provisto
> 30	Muy bien provisto

Tabla 9: Calificación general de NO₃⁻ (0-60 cm)

NO ₃ ⁻ (kg/ha)	Calificación
< 40	Muy deficiente
40 – 60	Deficiente
60 – 80	Moderadamente provisto
80 – 100	Bien provisto
>100	Muy bien provisto

Tabla 10: Criterios de calificación de algunos micronutrientes

Micronutriente	Extractante	Rango normal (ppm=mg/kg)
Boro	Agua caliente	0,1
Molibdeno	Sc. Tham pH 3,3	0,02-0,04
Cobre	EDTA 0,5M	0,60-0,75
Zinc	EDTA 0,5 M	0,95-1,40
Manganeso	EDTA	1-28
Hierro	DTPA	2,5-4,5

SISTEMAS DE LABRANZA

El sistema agrícola utilizado por el hombre, desde sus comienzos, fue el de la labranza convencional, que incluía prácticas como arar, rastrear y quemar residuos. Ello trajo aparejado una alta erosión de los suelos, con una gran extracción de recursos. Produce la rotura de la estructura del suelo lográndose cada vez menos captación y almacenamiento de agua, al punto que sólo se aprovecha el 50 % del agua caída como precipitaciones. Además provoca pérdida de la materia orgánica (MO) del suelo. La MO es fundamental tanto para el aporte de nutrientes como para mantener la estabilidad estructural del suelo y con ello favorecer la dinámica del agua. En Argentina, 40 años de labranza, hicieron perder en promedio el 2% de MO de los suelos, llevándose el 50 % de su fertilidad potencial (figura 11). Por cada 1 % de MO perdida, se mineralizan 1300 kg/ha de nitrógeno (N), 130 kg/ha de fósforo (P) y 80 kg/ha de azufre (S).

La siembra directa surge como una alternativa para revertir esta situación, para lograr la sustentabilidad del ambiente, es decir, realizar una actividad que permita obtener producciones rentables

sin comprometer la capacidad de producción del recurso involucrado y sin generar efectos negativos en otros componentes del ambiente. Para alcanzar dicho objetivo, es necesario que los sistemas estén diseñados sobre la base de tres pilares: la siembra directa, la rotación de cultivos y la fertilización (figura 12). La adecuada combinación de estos tres pilares y la eficaz implementación de cada uno de ellos pueden inclusive lograr un incremento de los niveles de productividad.



Figura 11: La labranza convencional realizada durante décadas, con arados y rastras, ha reducido drásticamente el contenido de materia orgánica de los suelos.

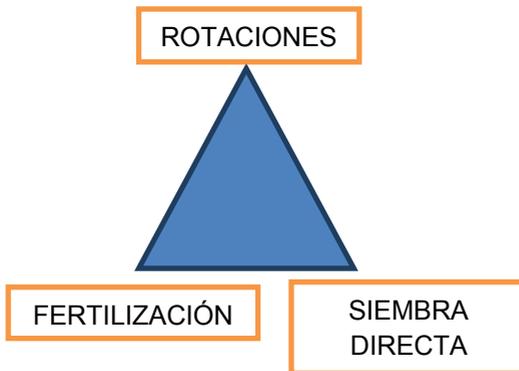


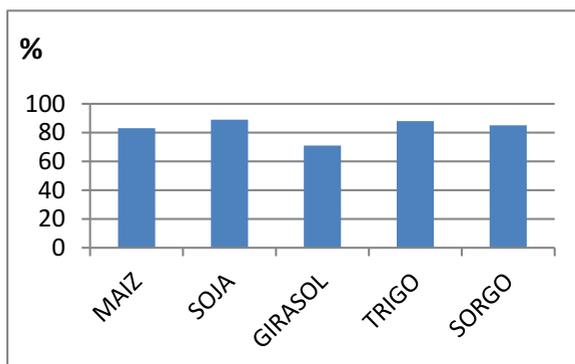
Figura 12: La siembra directa, las rotaciones y la fertilización de los cultivos se consideran la base para una producción agrícola sustentable.

La superficie bajo siembra directa se ha incrementado en los últimos años: actualmente supera los 70 millones de hectáreas en todo el mundo, la mitad de las cuales corresponde a países de América Latina. De ellas, a su vez, el 50 por ciento están en Argentina. En la Argentina -que es uno de los países líderes en tecnología de siembra directa- los agricultores están agrupados en AAPRESID (Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa); sólida institución que brinda información actualizada a través de su página Web; y en numerosas instancias de capacitación. La siembra directa en la Argentina se difundió como en ningún otro país, actualmente ocupa más del 80% de la superficie agrícola (figura 13). En cada uno de los cultivos más importantes para el país, más del 70% de su superficie se implanta actualmente bajo siembra directa (figura 14). Fuente: AAPRESID



Figura 13: Superficie en siembra directa por cultivo en Argentina, Campaña 2010/11. Fuente Apresid, 2012.

Figura 14: Superficie (%) en siembra directa de los principales cultivos del país. Fuente: AAPRESID.



¿Qué es la siembra directa?

En esencia, consiste en no realizar ningún tipo de labranza, es decir, no remover el suelo en ningún momento. Solamente, mediante sembradoras especiales, se prepara una mínima cama para la semilla en la línea de siembra, sobre los restos del cultivo anterior. En la misma operación, se pueden incorporar fertilizantes. La idea es dejar, al menos, 30 % del suelo cubierto por rastrojo para protegerlo de la erosión, reducir las pérdidas de humedad por evaporación y las pérdidas de agua, suelo y nutrientes por escurrimiento superficial, protección de la MO y, por ende, de los nutrientes como el N y el P. El control de malezas se realiza mediante herbicidas. De esta manera, en el suelo se van transformando, descomponiendo, los restos orgánicos de arriba hacia abajo, por lo que mejora enormemente sus condiciones físicas, químicas y biológicas, y reduce a niveles mínimos la erosión. Luego de la cosecha de cada cultivo, las raíces muertas son descompuestas por los microorganismos del suelo, quedando formados canales, denominados técnicamente macroporos o biocanales. 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. Así una raíz de alfalfa generará macroporos que alcanzarán una profundidad importante, llegando en muchos casos hasta la napa. En cambio, un cultivo de trigo desarrolla un sistema radical en cabellera, ocupando principalmente el volumen superficial del suelo. El maíz, por su parte, tiene raíces también en cabellera, pero mucho más agresivas y profundas. Estos macroporos formados por acción biológica presentan alta estabilidad y continuidad espacial, favoreciendo una buena dinámica de aire y agua. En consecuencia, la alternancia de sistemas radiculares vía rotación de cultivos, es preferible frente a la opción de generar un solo tipo y distribución de poros por el monocultivo.

La siembra directa combinada con una adecuada secuencia y fertilización de cultivos permite mejorar la fertilidad física y química, hacer un uso más eficiente del agua e incrementar la productividad de los suelos.

La reducción del consumo de combustibles fósiles, sumado a la menor emisión de dióxido de carbono -por ausencia de labranzas- y

al secuestro de carbono -por aumento de materia orgánica- ayuda a mitigar el efecto invernadero. Por otro lado aumenta el uso de herbicidas para el control de malezas y el uso de fertilizantes. Desde otro punto de vista, los agricultores necesitan menos tiempo para realizar las tareas, lo que permite aumentar la superficie sembrada. Por eso es que la siembra directa se considera hoy como la alternativa productiva que mejor conjuga los intereses -muchas veces contrapuestos- de alcanzar una producción económicamente rentable, ambientalmente sustentable, y socialmente aceptada.

- ✓ Mejor aprovechamiento del agua
- ✓ Protege contra la erosión (90 % menos de erosión respecto a la labranza tradicional)
- ✓ Mejora el balance de la materia orgánica
- ✓ Mayor estabilidad estructural
- ✓ Disminuye la formación de costras superficiales
- ✓ Aumenta la oportunidad de siembra
- ✓ Prolonga el ciclo agrícola
- ✓ Permite sembrar donde antes no era posible arar por falta de agua
- ✓ Permite mayor estabilidad de los rendimientos
- ✓ Reduce la cantidad de maquinaria utilizada, reduce en un 40 % el consumo de combustible respecto a la labranza convencional (AAPRESID/INTA)
- ✓ Permite lograr de un 25 a 40 % más de rendimiento de los cultivos a iguales precipitaciones.
- ✓ Extensión de la vida útil del tractor (reducción de uso del 66%)
- ✓ Ahorro del uso de combustible y emisiones contaminantes
- ✓ Aumenta significativamente las hectáreas trabajadas por persona (mejora la calidad de vida del productor)
- ✓ Mayor conservación de los recursos naturales

Algunas desventajas de la siembra directa: La presencia de rastrojo puede reducir la disponibilidad de N al inmovilizarlo, para el próximo cultivo y además, puede bajar la efectividad del control de algunas malezas, creando un ambiente favorable para la perduración de algunas plagas. En general provoca menor

calentamiento del suelo y, por lo tanto, puede provocar algunos problemas de implantación y desarrollo de cultivos principalmente invernales

¿QUÉ SON LAS ROTACIONES?

Llamamos rotaciones a la secuencia recurrente en el tiempo de distintos cultivos en el mismo lote. Si la secuencia de cultivos es recurrente, implica que debe ser planificada, lo cual significa que la elección de los cultivos que la componen y la secuencia en que se ordenan tienen un sentido, no son azarosos. Entonces primero es necesario saber por qué se considera importante el efectuar rotaciones en nuestros lotes de cultivo.

¿Por qué hacer rotaciones de cultivos? ¿Cuáles son sus objetivos?

Las rotaciones nos permiten:

- Regular los niveles de materia orgánica del suelo
- Regular los niveles de nutrientes del suelo
- Manejar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo
- Manejar las malezas, insectos y enfermedades de los cultivos
- Diversificar riesgos (económicos y climáticos)
- Mejorar la logística de la maquinaria
- Prorratear ingresos y egresos de capital

¿Cómo se logran estos objetivos?

La **materia orgánica** del suelo es importante porque contribuye a sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Es el reservorio de nutrientes como nitrógeno, fósforo y azufre que, a través de la mineralización, son transformados de formas orgánicas a inorgánicas, disponibles para las plantas. Es fuente de carbono y energía para los microorganismos. Juega un papel importante en la capacidad del suelo de recuperarse luego de una perturbación o estrés (resiliencia). Es un cementante natural de las partículas minerales que contribuye a mantener la estabilidad estructural del suelo. Afecta la retención de agua de modo directo, por su capacidad de absorberla, e indirectamente por afectar la agregación y la porosidad del suelo. Ayuda a mantener el pH del suelo.

Interactúa con otros compuestos orgánicos como plaguicidas controlando la biodegradación, actividad y persistencia de los mismos en el suelo. Todo esto justifica la necesidad de mantener los niveles de materia orgánica del suelo. Algunas de las causas de su disminución son la erosión, ya sea producida por el agua o por el viento, la producción de cultivos sin reposición de nutrientes y la producción de cultivos que retornan poca materia orgánica al suelo en forma de rastrojo, o con una calidad química del rastrojo que provoca su rápida descomposición sin que contribuya a la formación del humus, la materia orgánica estable del suelo.

La elección de los cultivos que componen la rotación tiene influencia en esto, ya que los distintos cultivos presentan una serie de características diferenciales. Por ejemplo: la **época de crecimiento** de un cultivo determina la evolución del grado de cobertura del suelo a lo largo del año. Si a esto lo relacionamos con la evolución mensual de la erosividad de las lluvias, tendremos una dimensión del efecto de ese cultivo sobre la probabilidad de erosión hídrica del suelo. Algo similar ocurre con la erosión eólica.

Los cultivos difieren también en la **cantidad y calidad de los residuos** que dejan. La calidad de los residuos está dada fundamentalmente por la relación carbono/nitrógeno (C/N) de los mismos y por la proporción de los distintos tipos de hidratos de carbono que los componen, e influye en la velocidad con que se degradan. Es así como la calidad y cantidad de los residuos determinan el grado y la evolución de la cobertura del suelo durante el período de rastrojo. Además, los residuos, aún cuando estén incorporados total o parcialmente al suelo, contribuyen a controlar la erosión.

De acuerdo con lo anterior, el cultivo de maíz, por ejemplo, se caracteriza por producir una alta cantidad de rastrojo, con alto contenido de lignina y alta relación C/N. Estas características hacen que sus residuos se descompongan lentamente, determinando una larga permanencia de los rastrojos sobre el suelo, y una baja disponibilidad de N para el cultivo siguiente. Sin embargo, este tipo de residuos son buenos precursores de compuestos orgánicos estables en el suelo. Por el contrario, el cultivo de soja produce una baja cantidad de residuos, con baja relación C/N. Esto determina su rápida descomposición, reducida cobertura del suelo por un corto tiempo, y una alta disponibilidad de N para el cultivo que le suceda.

Además, sus rastrojos no son precursores de la materia orgánica estable del suelo.

Las rotaciones también influyen en las condiciones físicas del suelo. 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 alta estabilidad y continuidad espacial, favoreciendo una buena dinámica de aire y agua.



Figura 15: Los cultivos de maíz (arriba) y sorgo producen altos volúmenes de materia seca con elevada relación C/N, favoreciendo el aumento del contenido de materia orgánica estable en el suelo. La baja producción de materia seca de la soja (abajo) con una relación C/N baja, resultan en una alta fertilidad actual del suelo pero que compromete el futuro.

Desde el punto de vista biológico, la alternancia de cultivos, tanto espacial como temporal, tiene un **efecto inhibitorio sobre muchos patógenos**. El agente causal de la 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. Y si esto sucediera, su aparición en diferentes cultivos permite alternar el uso de plaguicidas con principios activos de diferente mecanismo de acción tanto en herbicidas como en insecticidas, que contribuyen a prevenir la aparición de resistencia a los plaguicidas por parte de malezas e insectos. Todo esto muestra la importancia de alternar cultivos bien diferentes, que, dentro de lo posible, no sean susceptibles a las mismas enfermedades, o atacados por los mismos insectos, o que tengan diferentes épocas de crecimiento de modo de facilitar el manejo de las malezas.

La rotación de cultivos también produce mejoras en la “vida del suelo”. 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.

La rotación de cultivos otorga, además, ventajas desde el punto de vista empresarial diversificando los **riesgos productivos**, ya que las condiciones ambientales (e incluso, de precios) pueden ser desfavorables para un cultivo, pero es poco probable que lo sean 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.

De manera similar, dado que los cultivos que integran la rotación tienen distintos ciclos y épocas de crecimiento, se logra una mejor y más eficiente **utilización de las maquinarias y manejo del personal**, a la vez que los egresos e ingresos de **capital** se distribuyen a lo largo del año.

¿Cómo planificar las rotaciones?

Una primera cuestión, aunque obvia, es que los cultivos que

integren la rotación deben adaptarse a la región climática, a la aptitud del suelo y a los propósitos de los productores. Estas tres consideraciones pueden limitar enormemente el número de especies a tomar en cuenta. También implica que debemos conocer muy bien el clima de la zona y sus variaciones, las características de los lotes que vamos a sembrar, los requerimientos de los distintos cultivos posibles de implantar y su tolerancia a distintas situaciones de estrés, y debemos tener claridad acerca de los objetivos del productor en relación a su actividad productiva. Es imprescindible, también, conocer una serie de aspectos de la estructura productiva zonal, ya que algunos cultivos pueden ser productivamente posibles pero si después no están garantizadas las vías de comercialización, no serán viables. Por lo tanto, lo más importante es contar con suficiente información en esta etapa.

La situación, además, se complica porque normalmente se debe plantear una etapa de transición, ya que los establecimientos están en producción bajo un cierto manejo y deben ir adaptándose a una nueva situación. Deben ir definiéndose, por lo tanto, objetivos a corto, mediano y largo plazo.

Para planificar una rotación, se podrían plantear, diferentes etapas.

Primero es necesario recabar **información de la zona productiva** en la que se encuentra el establecimiento. Se requiere información regional, como la caracterización climática (cantidad y distribución de las precipitaciones, balance hidrológico, marcha de las temperaturas, fechas históricas de primera y última heladas, vientos, etc.), edáfica (geomorfología de los suelos) y productiva (principales actividades de la zona, proveedores de insumos y servicios, vías de comercialización, etc.). Pero también es necesaria información del establecimiento: mapa de suelos del mismo, capacidad de uso y estado actual de los suelos, historia del uso de los lotes (actividades o cultivos, rendimientos, manejo de los cultivos, principales adversidades registradas, etc.)

La información recabada, principalmente a nivel de lote, permitirá hacer un **diagnóstico de la situación** y empezar la planificación. Deben agruparse los suelos de igual capacidad productiva y en similares condiciones de calidad (el grado de deterioro o mantenimiento de la misma en relación a su fertilidad física y química). De acuerdo a esto, y a los objetivos del productor, deberá

definirse el posible uso de las tierras, en la medida que la capacidad de uso de los suelos se reduzca se podrá hacer un uso agrícola sin limitaciones para numerosos cultivos, a un uso agrícola pero con diferentes grados de limitación para ciertos cultivos. Si son aún de menor calidad podrán ser aptos para la implantación de pasturas o sólo para pastizales naturales.

Entonces, la aptitud de los distintos lotes determinará junto con los objetivos del productor, el uso que se les dará. Si bien siempre se han planteado los beneficios de alternar las actividades agrícolas y ganaderas para mantener la capacidad productiva de los suelos, por diferentes motivos, no siempre esto se realiza.

Como regla general, en los suelos de mejor calidad, donde los cultivos de cosecha y los verdes resultan más rentables, se recomienda una rotación con pocos años de pasturas intercalados con varios cultivos de cosecha o verdes. Por el contrario, en suelos de calidad inferior, convendría prolongar la duración de las pasturas y cuando decae su producción implantar un mínimo de cultivos anuales a fin de preparar el suelo para una nueva pastura.

Lo visto hasta aquí, implica que cada cultivo que se incluya tendrá una o más funciones específicas dentro del planteo rotacional: aportará materia orgánica al suelo, permitirá el manejo de ciertas malezas, plagas o enfermedades, aportará a la rentabilidad de la empresa, hará más eficiente el uso de las maquinarias, etc.

Pero además, y de acuerdo con lo mencionado en párrafos anteriores, no sólo es importante definir qué cultivos integrarán la rotación sino también en qué orden se irán implantando. Para definir esto es necesario tener en cuenta en qué época se siembran y cosechan, la cantidad y calidad del rastrojo que dejan, cómo es el régimen de precipitaciones y cómo usa el agua cada cultivo, su susceptibilidad a distintas enfermedades, las plagas y las malezas que más los afectan así como las posibilidades de control de estas adversidades que ofrece cada cultivo.

Una opción no mencionada hasta ahora y que es factible de utilizar son los **cultivos de cobertura**. Cuando el período entre la cosecha de un cultivo y la siembra del próximo es demasiado largo, es posible implantarlos. Los cultivos de cobertura utilizan la humedad residual del suelo y su crecimiento se interrumpe antes de la siembra del siguiente cultivo o bien después de la siembra, pero antes de que comience la competencia entre ambos.

Estos cultivos mejoran la estabilidad del sistema, no sólo por mejorar las propiedades del suelo, aspecto quizás más conocido, sino también porque incrementan la biodiversidad del agroecosistema con todos los beneficios que ello aporta.

Mientras que los cultivos comerciales tienen un valor de mercado, los cultivos de cobertura tienen valor por otros efectos sobre el sistema. Especialmente, en las regiones donde las cantidades de biomasa producidas son muy pequeñas, como las áreas secas y los suelos erosionados, los cultivos de cobertura son beneficiosos porque aportan materia orgánica al suelo, si incluyen leguminosas aportan nitrógeno fijado biológicamente, protegen el suelo en los períodos de barbecho, evitan la pérdida de nutrientes porque los utilizan y devuelven al sistema, mejoran la estructura del suelo y pueden romper las capas compactadas, pueden ser usados para el control de malezas y plagas reduciendo el uso de plaguicidas.

Según los objetivos principales que se persigan al implantar un cultivo de cobertura y según la zona en que nos encontremos, las especies que puedan utilizarse serán diferentes. En general, las gramíneas como avena o centeno, aportan más materia seca, pero las leguminosas como vicia aportan nitrógeno, y como además tienen un rastrojo de menor relación C/N, se degradan más rápidamente.

Los cultivos de cobertura aportan numerosas ventajas al sistema productivo: cubren el suelo, ahorran agua, pueden incorporar nitrógeno fijado simbióticamente, contribuyen al manejo de malezas, incrementan la biodiversidad.



Figura 16: Cultivo de cobertura de avena y vicia

Una vez definida la rotación, se arma una **matriz de rotación**, es decir, una tabla que tiene tantas columnas como años dure la

rotación y tantas filas como lotes entren en la misma, cuyos números deben coincidir. El ejemplo que se presenta a continuación es una rotación agrícola-ganadera de 4 años de pastura y 4 años de cultivos anuales (4 x 4) (Tabla 11)

Tabla 11: Ejemplo de matriz de rotación 4x4

Año Lote	1	2	3	4	5	6	7	8
1	P1	P2	P3	P4	Mz	CC-S	Ce/S	Tr
2	Tr	P1	P2	P3	P4	Mz	CC-S	Ce/S
3	Ce/S	Tr	P1	P2	P3	P4	Mz	CC-S
4	CC-S	Ce/S	Tr	P1	P2	P3	P4	Mz
5	Mz	CC-S	Ce/S	Tr	P1	P2	P3	P4
6	P4	Mz	CC-S	Ce/S	Tr	P1	P2	P3
7	P3	P4	Mz	CC-S	Ce/S	Tr	P1	P2
8	P2	P3	P4	Mz	CC-S	Ce/S	Tr	P1

Referencias: P1, P2, P3 P4: primero, segundo, tercero y cuarto año de pastura. Mz: maíz, CC: cultivo de cobertura, S: soja, Ce: cebada, Tr: trigo.

En este ejemplo, se incluye un cultivo como el maíz, que aporta un alto volumen de materia orgánica con alta relación C/N, que se implanta luego de la pastura para aprovechar su fertilidad residual. Entre la soja que le sigue y el maíz, como el barbecho es largo, se incluye un cultivo de cobertura para mantener el suelo cubierto, aportar materia orgánica y N (si incluye una leguminosa) y contribuir al control de malezas y aprovechamiento del agua. A continuación se siembra cebada y soja de segunda, que al igual que la soja anterior, hacen un aporte interesante a la rentabilidad del sistema, y finalmente trigo que, por su fecha de cosecha, permite una buena preparación del suelo para la implantación de la pastura siguiente.

Una vez definida la rotación, se irá implementando de acuerdo a la situación particular de cada establecimiento y deberá controlarse y evaluar el plan, desde distintos puntos de vista, a fin de realizar los ajustes necesarios.

- ✓ Ajustarse a la calidad el ambiente y el suelo
- ✓ En lo posible, incorporar tanto actividades agrícolas como ganadería
- ✓ Entre los cultivos, incluir especies que aporten alto volumen de materia seca de elevada relación C/N y también leguminosas que aporten N al sistema a través de la fijación biológica
- ✓ Alternar los cultivos de modo de contribuir al manejo de plagas, enfermedades y malezas
- ✓ Implantar cultivos de cobertura cuando los barbechos son largos

MANEJO DE LA NUTRICIÓN DE LOS CULTIVOS

¿Por qué es necesario fertilizar los cultivos?

Para crecer y producir lo que cosechamos, los cultivos requieren nutrientes como el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), en cantidades relativamente importantes, y también otros nutrientes, como cobre, zinc, molibdeno, boro, en cantidades muy pequeñas (por eso se los llama micronutrientes, y a los anteriores, macronutrientes).

Cuando cosechamos y extraemos los granos del campo, nos llevamos elevadas cantidades de materia orgánica y nutrientes contenidos en los granos. En un sistema natural como una selva o la misma pradera, cuando las plantas maduran, los frutos caen al suelo y, si no son ingeridos por los animales, se mantienen en el ciclo de la materia orgánica y de los nutrientes, de modo que lo que el suelo aportó para el crecimiento de las plantas, es recibido nuevamente y a través de los ciclos respectivos, estará disponible otra vez para que nuevas generaciones de plantas continúen produciéndose. Además este ciclo, permite que el suelo se reabastezca de materia orgánica y de nutrientes por el aporte de los frutos y de los rastrojos. Esto no sucede, o sucede parcialmente en nuestros campos ya que sólo retornan los rastrojos (cuando no son pastoreados), lo cual significa que con cada cosecha vamos empobreciendo nuestros suelos en los nutrientes y la materia orgánica que nos llevamos.

Es decir, en la agricultura el “balance de nutrientes del suelo” es negativo, porque extraemos los nutrientes del suelo sin reponerlos. Cuando fertilizamos, estamos equilibrando ese balance de nutrientes, pero algo que debemos saber es que las dosis de fertilización que usualmente se aplican no alcanzan para reponer la cantidad total de nutrientes que nos llevamos y mucho menos la totalidad de los distintos nutrientes que extraemos porque, generalmente, se fertiliza con N o N y P o N, P y S, pero, como dijimos al comienzo, los cultivos necesitan muchos más nutrientes que estos tres.

Además, es necesario saber que los nutrientes del suelo provienen de la mineralización de la materia orgánica contenida en el mismo, por lo cual, cuando disminuye su contenido en el suelo también se reduce la capacidad del suelo para proveer nutrientes a los cultivos. Por eso, es importante mantener los niveles de materia orgánica de los suelos dentro de ciertos rangos para mantener su fertilidad. Por otro lado, ya hemos mencionado que la materia orgánica no sólo provee nutrientes, sino que también cumple otras funciones que hacen a la fertilidad del suelo como proveer adecuadas condiciones físico-mecánicas, hídricas, de aireación y temperatura.

En el marco de una agricultura sustentable, y con relación a la nutrición de los cultivos, es necesario, por un lado, aportar al sistema la cantidad y clase de nutrientes extraídos en las cosechas y, por otro lado, hacerlo de manera que se utilicen eficientemente, sin “perderse” en el ambiente produciendo efectos indeseados. Sin embargo, no todos los nutrientes pueden reponerse vía fertilización. Debería, por lo tanto, tratar de reponerse la mayor cantidad posible, al menos, dentro de los límites que la tecnología y la economía imponen.

¿Cómo debemos fertilizar nuestros cultivos?

En principio, hay que decir que existen distintos tipos de fertilizantes. Por **fertilizante** se entiende a “toda sustancia o mezcla de sustancias que, incorporada al suelo o aplicada sobre la parte aérea de las plantas, suministre el o los elementos que requieren los vegetales para su nutrición, con el propósito de estimular su crecimiento, aumentar su productividad y mejorar la calidad de las

cosechas.” Estas sustancias pueden ser minerales u orgánicas. Los fertilizantes naturales pueden ser sintéticos, como el fosfato diamónico o el nitrato de amonio, o naturales como el fosfato de roca o el nitrato de sodio. Los fertilizantes orgánicos pueden provenir de residuos de origen animal (estiércol) o vegetal (cascarilla de arroz, viruta de madera).

Mientras que los fertilizantes minerales aportan sólo el o los nutrientes que contienen (por lo general no más de tres o cuatro, y en cantidades específicas), los orgánicos hacen un aporte mucho más completo y complejo de nutrientes y también proveen materia orgánica, pero requieren de un manejo bastante más dificultoso.

La fertilización debe contemplar el tipo de suelo y tender a un balance de nutrientes equilibrado. A su vez, puede hacerse utilizando fertilizantes minerales o compuestos orgánicos (figura 17).



Figura 17: aspectos a considerar para cubrir la fertilización

A continuación trataremos los principales aspectos relacionados con la fertilización, tanto mineral como orgánica.

Fertilización mineral

Cuando se va a planificar la fertilización, al igual que cuando se planifica una rotación de cultivos, la información es clave.

¿Qué información necesitamos para formular un plan de

fertilización?

En primer lugar, debemos conocer las características del suelo que vamos a fertilizar: contenido de materia orgánica, disponibilidad de los distintos nutrientes, pH. También debemos conocer las características del ambiente, cómo son las precipitaciones: cuánto y cuándo llueve, marcha anual de las temperaturas. Debemos conocer las características nutricionales de los cultivos que vamos a implantar: qué cantidades necesita de cada nutriente, en qué momento los necesita y cuándo hace la mayor absorción de cada uno de ellos, cuánto restituye al suelo a través de los rastrojos, cómo se relacionan esos nutrientes con la determinación de los componentes del rendimiento de cada cultivo. Por otro lado, y particularmente en el caso de los nutrientes de baja movilidad en el suelo, debemos plantearnos cómo va a ser el planteo de fertilización, el cual puede ser sólo buscar la mayor relación costo/beneficio para la campaña (criterio de suficiencia), o bien puede ser intentar mantener la fertilidad del suelo e, incluso, reconstruirla si ha sido degradada (criterio de reposición y/o construcción).

¿Cuáles son las prácticas de manejo de los nutrientes que nos permiten mejorar la eficiencia con que se usen?

En primer lugar, hay que considerar que los nutrientes generalmente deficientes para los cultivos en Argentina son el N, el P y el S. En los últimos años, asociado a la agriculturización y a la intensificación de la agricultura que ocasionaron mayor extracción de nutrientes de los suelos, también se han observado, en algunas zonas, deficiencias de algunos nutrientes secundarios, como magnesio y calcio, y también de micronutrientes, como boro, zinc y molibdeno.

Cuando se habla de BPA en relación al uso de fertilizantes, en general, se hace referencia a cuatro aspectos básicos: dosis correcta, fuente correcta, momento correcto y ubicación correcta, es decir, cuánto fertilizante se va a aplicar, qué tipo de fertilizante, en qué momento y de qué forma.

Pero es necesario tener en cuenta que estas prácticas interactúan no sólo entre ellas sino también con las condiciones climáticas y edáficas particulares y con el resto de las prácticas de

manejo tanto del suelo como del cultivo. Debe considerarse, además, que estas prácticas no afectan sólo al cultivo al cual se aplican sino también a los siguientes. En algunos casos los efectos residuales de la fertilización pueden ser de gran importancia. Finalmente, las interacciones entre los nutrientes son muy importantes, ya que la deficiencia de uno puede limitar la respuesta a la fertilización o la disponibilidad de otros. Por este motivo, siempre se resalta la importancia de una nutrición balanceada de los suelos y los cultivos.

Para definir la **dosis correcta**, es necesario conocer los requerimientos del cultivo, los cuales dependerán básicamente del rendimiento esperado, y la oferta de nutrientes del suelo. Esto último se conocerá a partir de un análisis del suelo, pero la necesidad de fertilizar también estará influenciada por el clima y el manejo.

De manera ideal, la respuesta en el rendimiento de un cultivo a la fertilización, se muestra en la figura 18. Si el cultivo no tiene en el suelo la suficiente cantidad del nutriente, a medida que se incrementa la dosis de fertilizante aplicado, su rendimiento aumentará. Sin embargo al principio, la respuesta es muy marcada (parte A de la curva), pero a dosis crecientes la respuesta por cada unidad de fertilizante aplicado va disminuyendo (parte B), hasta que finalmente se agota (parte C), y a mayores dosis causa incluso disminuciones de la producción por fitotoxicidad (parte D).

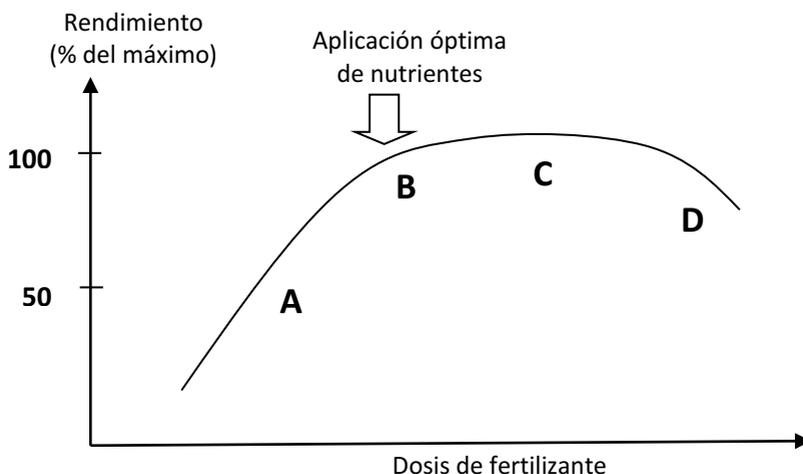


Figura 18: Respuesta en el rendimiento de un cultivo a la fertilización

Si el cultivo está en la parte A de la curva, implica que no está alcanzando el rendimiento máximo sino que está limitado por la disponibilidad de ese nutriente. La parte B indicaría la dosis óptima ya que más allá de esta el rendimiento no tendría respuesta. Por lo tanto, incrementar la dosis de fertilizante en la parte C de la curva significa que estamos haciendo un gasto inútil y que además ese fertilizante en exceso, si es móvil, será arrastrado por el agua contaminando distintos compartimentos ambientales. Mayores excesos, representados en la parte D, no sólo producirán un impacto sobre el ambiente sino que también dañarán al propio cultivo que responderá disminuyendo su producción.

Aún dentro de la parte de la curva en que se registra respuesta positiva a la fertilización (partes A y B), se puede observar que la pendiente no es uniforme. Al inicio es mayor, es decir con igual incremento en la dosis, la respuesta en el rendimiento es mayor, pero hacia la parte final de la curva, esa respuesta va reduciéndose. Es por este motivo que, frecuentemente, las dosis de fertilizante aplicadas a los cultivos tiendan a ser bajas, ya que ofrecen la mejor relación costo/beneficio. Pero, en definitiva, esto es lo que nos ha traído a la situación actual, ya que al fertilizar con dosis bajas (o no hacerlo), se han ido agotando los nutrientes del suelo y, además, por no producir los rendimientos máximos (y consecuentemente la materia seca máxima), el retorno de materia orgánica al suelo como rastrojos también se ha ido reduciendo y, consecuentemente, la calidad del suelo y su capacidad productiva.

Un aspecto crucial al definir la dosis a aplicar, y si quisiéramos reponer los nutrientes que se extraen en la cosecha, es saber cuánto van a extraer los granos. Esto depende de muchos factores que normalmente no se conocen a momento de la siembra, lo cual implica que se debe ser cauteloso cuando se plantea un rendimiento objetivo, ya que no es una certeza.

Para los distintos cultivos y nutrientes, existen diferentes métodos de diagnóstico para determinar si será necesario fertilizar, es decir, indican una situación a partir de la cual se obtendría una respuesta económica en la producción de los cultivos. Algunos métodos se pueden aplicar antes de sembrar y otros son posteriores a la siembra. Según el nutriente, es importante el momento de diagnóstico. Por ejemplo, el P, es un nutriente muy poco móvil en el suelo, por lo cual debe aplicarse durante el barbecho o en el

momento de la siembra, no después. El diagnóstico para decidir su aplicación deberá hacerse según análisis de suelo comparando su disponibilidad con los requerimientos del cultivo a sembrar. El N y el S son elementos móviles, arrastrados fácilmente por el agua, lo cual implica que deben aplicarse no mucho tiempo antes de que el cultivo los absorba, porque de otro modo, si ocurren lluvias entre la aplicación y su utilización, se van a perder. Por lo tanto, los métodos de diagnóstico de necesidad de fertilizar con estos dos nutrientes, pueden aplicarse una vez instalado el cultivo y pueden analizarse las plantas para determinar si, efectivamente, están en déficit de estos nutrientes.

Por lo tanto, cuando se calcula la dosis para fertilizar con un elemento móvil, como la aplicación no se hace toda a la siembra sino que puede partirse la dosis en dos aplicaciones, puede ir corrigiéndose el planteo a medida que transcurre el ciclo del cultivo. Pero con un nutriente como el P, esto no es posible.

Este nutriente, el P, precisamente por ser poco móvil, permite fertilizar con el criterio de reconstrucción, es decir, con una dosis mayor a la que requieren los cultivos para ir, progresivamente, mejorando un suelo empobrecido. En el caso de los nutrientes móviles, como N y S, el criterio de reconstrucción no se aplica de manera tan directa ya que el uso dosis más altas a las que requiere el cultivo redundaría en su arrastre por el agua y contaminación. Pero el uso de las dosis correctas (parte B de la curva de respuesta) favorecería la producción de materia orgánica que iría enriqueciendo el suelo aumentando la reserva nitrogenada del mismo.

La **fente correcta**, o sea, el tipo de fertilizante a aplicar, en primera instancia dependerá de los resultados del diagnóstico realizado. Es decir, según se decida fertilizar con N, con P o con ambos nutrientes, o aplicar también S o algún micronutriente, se utilizarán fertilizantes que contengan uno o más de los nutrientes necesarios. Pero también dependerá del tipo de suelo, de la residualidad, de la disponibilidad en el mercado, la maquinaria para su aplicación y el precio de la unidad de nutriente.

Los nutrientes, en los fertilizantes, pueden estar presentes bajo distintas formas químicas. El N, por ejemplo, puede encontrarse como nitrato, como amonio, como urea y también combinados. La primera forma es la que se absorbe más rápidamente por las plantas, pero también es la que se pierde más fácilmente por

lixiviación, es decir, arrastrada por el agua a capas del suelo más profundas. Las otras dos formas deben sufrir transformaciones en el suelo para ser absorbidas, deben nitrificarse, lo cual requiere un cierto tiempo, durante el cual pueden perderse por volatilización.

Por otro lado, las condiciones del suelo también son importantes como condicionantes del tipo de fertilizante a aplicar. Los fertilizantes amoniacales no deberían usarse en suelos alcalinos, sobre todo si están secos porque se volatilizan como amoníaco, y tampoco en suelos ácidos, ya que en su proceso de nitrificación acidifican aún más el suelo.

Entre los fertilizantes que aportan P, podemos encontrar tres grupos: los que poseen baja solubilidad en agua (rocas fosfóricas), los que poseen alta solubilidad en agua y aportan también N (fosfato monoamónico y fosfato diamónico) y los que poseen alta solubilidad en agua pero no aportan N (superfosfato triple y superfosfato simple). Entre los dos últimos grupos no existirían grandes diferencias en la habilidad para suministrar P, su diferencia está dada por el aporte de N. Por este motivo, cuando la aplicación de hace en el momento de la siembra y cercano a la semilla, los fosfatos mono y diamónico son más proclives a generar fitotoxicidad a la semilla.

Entre los fertilizantes azufrados también encontramos fuentes de muy baja solubilidad, como el azufre elemental, que por este motivo, debe ser aplicado en forma de partículas muy finas dificultando su manipuleo y aplicación. Además, no estará rápidamente disponible ya que debe ser oxidado biológicamente para poder ser absorbido, es decir tiene un alto efecto residual, pero no inmediato. Una fuente de solubilidad intermedia es el yeso (sulfato de calcio) que, además, se usa para corregir problemas de sodicidad y es de bajo costo, pero también debe aplicarse en forma de partículas muy finas. Y entre las fuentes de alta solubilidad encontramos el sulfato de amonio, el sulfonitrato de amonio y el tiosulfato de amonio, es decir, todas aportan simultáneamente S y N.

Es importante saber también cuáles fertilizantes pueden o no mezclarse en el momento de la aplicación, ya que no todas las mezclas físicas son posibles y algunas, lo son pero con precauciones.

Con relación al **momento correcto** de aplicación, deben considerarse tanto la movilidad del nutriente en el suelo como la

dinámica con que el nutriente es absorbido por el cultivo. Cuando los nutrientes son móviles en el suelo, lo ideal es fertilizar en el momento justo antes de que el cultivo empiece a realizar la mayor absorción, lo cual, generalmente coincide con la etapa de mayor crecimiento. Esto evita que los nutrientes se pierdan por lixiviación, lo cual implica por un lado, la contaminación de aguas subterráneas, y por otro lado, una pérdida económica por haber aplicado un insumo que no es usado y, por lo tanto, no genera un impacto en el rendimiento del cultivo.

En general, los momentos de aplicación son tres:

- Antes de la siembra: durante el barbecho, en general se aplican en cobertura total, puede ser incorporados o no según el fertilizante y sistema de cultivo. También pueden aplicarse en bandas superficiales o subsuperficiales.
- En el momento de la siembra: es cuando el fertilizante que se aplica como “arrancador”. Es importante que la aplicación no se haga junto con la semilla. Puede hacerse en una banda superficial, pero se recomienda que sea en una línea al lado y por debajo de las semillas. Los gránulos del fertilizante generan un efecto salino, elevación del pH y a veces presencia de compuestos tóxicos para los vegetales, como es el caso del amoníaco, que generan efectos fitotóxicos. Esto reduce la germinación y la emergencia de las plántulas, motivo por el cual el fertilizante debe estar ubicado a cierta distancia de las semillas. Además, debe tenerse cuidado con las dosis aplicadas que no deben exceder ciertos límites para no producir el efecto descripto.
- En el cultivo ya establecido: como se mencionó, debería aplicarse previo al momento de mayor demanda por parte del cultivo. Según los cultivos y los fertilizantes esta aplicación puede hacerse al costado del surco o en bandas, incorporados, semiincorporados o sin incorporar, o bien aplicarse al voleo en forma superficial. Otra opción, es hacer fertilizaciones foliares pulverizando el fertilizante.

El momento correcto de aplicación va a depender del nutriente, del fertilizante y del cultivo. Si el nutriente no es móvil en el suelo, deberá aplicarse con anticipación y será también importante su ubicación para que el cultivo lo encuentre a medida que van creciendo sus raíces. Si el nutriente es móvil, la aplicación debe hacerse lo más cerca posible del momento en que el cultivo lo

absorba para que pueda aprovecharlo y para que no se “pierda” contaminando el ambiente. El mejor momento para la aplicación desde el punto de vista del cultivo va a depender de cada cultivo en particular, de cómo vaya definiendo sus componentes del rendimiento y de la importancia que tenga la calidad del producto cosechado y su relación con la nutrición mineral. En algunas situaciones, con el N se recomienda no aplicar toda la dosis de una vez sino dividirla en más de una aplicación a fin de mejorar la eficiencia con que será usado el fertilizante por el cultivo y, en ocasiones, para tener un efecto sobre la calidad del producto. Esto genera el costo adicional de hacer más de una aplicación, pero podría evitarse usando otras formulaciones de fertilizantes que liberan lentamente el nutriente. La forma de hacerlo es variable, pueden ser fertilizantes recubiertos, pueden ser productos poco solubles, pueden tener inhibidores de la nitrificación o hay fertilizantes llamados ocluidos. En todos los casos, el N se va liberando progresivamente a lo largo del tiempo evitando su pérdida, ya sea por lixiviación como por volatilización, y haciendo más eficiente la absorción por parte del cultivo.

Al hablar de la **ubicación correcta**, hacemos referencia a de qué forma se va a aplicar el fertilizante. También existen varias maneras de hacerlo, las cuales dependen del fertilizante, del cultivo y de las herramientas disponibles.

Las dos formas básicas de distribuir el fertilizante son: al voleo o en bandas. En la primera el fertilizante se distribuye uniformemente sobre toda la superficie del suelo. Esto puede hacerse tanto antes de sembrar el cultivo como después de la siembra. Si se hace antes, el fertilizante puede incorporarse con alguna herramienta, si se hace después, la aplicación será superficial. En la aplicación en bandas, el fertilizante se distribuye en franjas angostas cuya separación habitualmente coincide con la distancia entre los surcos del cultivo. Esta aplicación puede hacerse antes, en el momento o después de sembrar, y pueden ser incorporadas o superficiales.

La ubicación del fertilizante va a condicionar la eficiencia con que sea absorbido por el cultivo.

En el caso de los fertilizantes nitrogenados, aquellos fertilizantes que liberan amoníaco, pueden perder el N por volatilización si no son incorporados, pero esto es afectado por las condiciones ambientales. Por eso, en la región pampeana, usualmente no es

necesario incorporar el fertilizante nitrogenado en cultivos de invierno como el trigo, pero sí en cultivos de verano como el maíz o el girasol.

En el caso de los fertilizantes fosforados, cuando son aplicados al suelo, la mayor parte del P se precipita o es adsorbido por los coloides del suelo y sólo una pequeña parte queda en equilibrio en la solución del suelo disponible para las plantas. Cuanto mayor es la dosis aplicada, el porcentaje de P aplicado que pasa a formas que el cultivo no puede usar es menor. Cuando se aplica el fertilizante fosforado en bandas se obtienen franjas con altas concentraciones alternadas con franjas de concentración muy baja. La ubicación cercana a las raíces de las plantas en las primeras etapas del cultivo favorece su absorción en un período muy importante de su crecimiento. Pero además, dada la baja movilidad del P en el suelo, las diferentes concentraciones se mantienen en el tiempo favoreciendo la absorción del P por el cultivo en estados más avanzados.

A veces pueden ser necesarias dosis importantes, que producirían fitotoxicidad. En estos casos, es recomendable hacer dos fertilizaciones, la primera durante el barbecho, al voleo, y la segunda en una línea por debajo y al costado de las semillas.

En post-emergencia, si el cultivo lo permite, también se pueden aplicar los fertilizantes en bandas al costado de las plantas, incorporados o no según el sistema de cultivo. Este tipo de aplicación, aún cuando se trate de nutrientes móviles, favorece que éstos sean aprovechados por el cultivo y no por las posibles malezas presentes.

Finalmente, es necesario tener en cuenta que la fertilización es una práctica de baja autonomía ecológica. Es decir, como se ha visto, su éxito depende de muchas variables pero, además, hay otros aspectos de la tecnología del cultivo o del ambiente que son más importantes en la determinación del rendimiento. Por ejemplo, un estrés hídrico, una mala implantación del cultivo o una alta incidencia de enfermedades o plagas pueden hacer fracasar la fertilización aún cuando el nutriente aplicado se encuentre en deficiencia. De ahí la importancia de garantizar primero otros aspectos del planteo productivo.

- ✓ Conocer el suelo, el ambiente y el cultivo que se va a implantar.
- ✓ Estimar en forma realista los requerimientos del cultivo de acuerdo con su rendimiento previsto y cuánto de esos requerimientos los proveerá el suelo.
- ✓ Decidir con qué nutrientes se va a fertilizar y escoger el o los fertilizantes más adecuados.
- ✓ Una vez definido el o los fertilizantes a aplicar, decidir el momento de acuerdo al nutriente y a las características del crecimiento del cultivo
- ✓ Aplicar el fertilizante en el lugar correcto para que sea aprovechado por el cultivo y no se pierda contaminando aguas y reduciendo el beneficio de la práctica.
- ✓ Tener en cuenta el efecto residual de los fertilizantes y no pensar sólo en fertilizar el cultivo sino en fertilizar la rotación, y también el suelo para mejorar su calidad.

Abonos orgánicos

Como ya se mencionó la rotación de cultivos, junto con un sistema de siembra sin remoción del suelo (siembra directa), pueden realizar un aporte crucial al conservar un buen balance de la materia orgánica en los suelos, nutrientes, disponibilidad de agua, control de malezas, plagas y enfermedades. Por otra parte, si bien la difusión creciente de la fertilización ha atenuado, en parte, los procesos de degradación, ésta no se realiza con el criterio de fertilización integral y balance de nutrientes. Generalmente, el manejo de la nutrición de los cultivos extensivos se evalúa considerando solamente el cultivo inmediato sin tener en cuenta los antecesores en la rotación y, además, de manera insuficiente, se estima que sólo se repone aproximadamente la tercera parte del total de los nutrientes extraídos por los granos. Asimismo, sólo se reponen algunos nutrientes (nitrógeno, fósforo, y en menor medida azufre), mientras que la gran mayoría de los nutrientes son extraídos por los cultivos sin reposición. A su vez, el uso de los fertilizantes

minerales han ido produciendo la ruptura del frágil equilibrio de los suelos agrícolas y desembocando en una pérdida paulatina de su calidad biológica.

Una alternativa para reducir el consumo y uso de insumos costosos o nocivos (fertilizantes químicos) está dada por el uso de residuos orgánicos, especialmente durante el barbecho. El uso de residuos orgánicos generados en las mismas explotaciones agrícolas y ganaderas o en zonas urbanas surge como una alternativa para mejorar la fertilidad del suelo y restituir los elementos nutritivos extraídos por los cultivos. Las actividades de la moderna sociedad de consumo, el crecimiento demográfico y el desarrollo industrial, determinan un aumento incesante en la generación de residuos, pudiendo clasificarse los mismos en orgánicos e inorgánicos y destacando los primeros por su elevado volumen de producción y su capacidad para generar impacto ambiental. Los sectores productores de residuos orgánicos son:

- Sector primario o agropecuario y forestal: residuos agrícolas, ganaderos y forestales.
- Sector secundario o industrial: residuos industriales (agroalimentarios, textiles, etc.).
- Sector terciario o centros urbanos: residuos urbanos (residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, etc.).

La gran variedad de residuos que producen estos sectores, presentan un contenido elevado en materia orgánica, potencialmente utilizable como enmendantes y/o abonos orgánicos o compost.

La utilización de residuos debe ser tomada como una estrategia a largo plazo donde se preserva el medio ambiente y se conserva la fertilidad del suelo. Son una alternativa viable para reutilizarlos dentro del sistema, disminuyendo su exportación, y evitar una fuente de contaminación, solucionando así el destino final de los mismos.

El empleo de materia orgánica en un modelo, a futuro, de agricultura sostenible a gran escala resurge como una opción de producción, además de que este sistema englobaría y daría una solución integrada a distintas problemáticas tales como la disminución de la fertilidad de los suelos, el efecto de su degradación y contaminación por una mala praxis agrícola debido a

un empleo excesivo de agroquímicos y productos fitosanitarios, entre otros problemas. Por otra parte, el incremento en la producción de residuos orgánicos en nuestras sociedades como consecuencia de la actividad económica revela que la aplicación de estos en los suelos y en la agricultura podría ser una de las principales alternativas para la problemática de la falta de materia orgánica, además de su tratamiento como la gestión eficaz de los mismos, obteniendo así una solución conjunta para dos problemas.

La adición de materiales orgánicos al suelo influye en las propiedades físicas mejorando la estructura y la estabilidad estructural, disminuye la densidad aparente, aumenta la porosidad favoreciendo el intercambio de gases y pueden mejorar la capacidad de retención de agua mejorando su dinámica en el suelo. Dentro de las propiedades químicas provocan un aumento de la capacidad de intercambio catiónico y provee macro y micronutrientes. También provoca mejoras en la actividad biológica del suelo.

A continuación describiremos las principales características de algunos abonos orgánicos usados o con potencial de uso en cultivos extensivos:

Estiércoles

El estiércol es un producto biológico que puede ser aplicado fresco o maduro, aunque lo recomendado es no utilizarlo fresco, ya que de esta forma puede poseer microorganismos que provocan contaminación. Además, dependiendo del tipo de estiércol y las dosis se pueden generar aumentos en el contenido salino de suelo, pH, nitratos y otros iones que pueden resultar tóxicos, afectando el crecimiento de los cultivos. Es por ello, que si se lo aplica como material fresco debe preverse que permanezca un tiempo en el suelo sin introducir cultivos, por lo menos un mes. Si, en cambio, el material usado lleva varios meses almacenado, es decir compostado podrá incorporarse sin problemas. En general, el abonado con estiércol maduro (compostado) se realiza inmediatamente después de la última labor de labranza, y previo a la siembra o plantación. La distribución se hará uniformemente en superficie, en caso de querer acelerar la descomposición; se puede incorporar a medias el material mediante una pasada de rastra de dientes bien lastrada, que además favorecerá la distribución.

El estiércol de cada animal posee características distintas además en algunos casos vienen acompañados por restos de cama (por ejemplo en pollos parrilleros) que suelen ser paja y cáscara de cereales, viruta de madera, entre otros; así como de restos de alimentos; que enriquecen el material y debe recogerse conjuntamente. No deben juntarse vísceras, cueros, cadáveres, y otros elementos de origen animal (tabla 12).

Tabla 12: Composición en nutrientes (sobre materia seca) de diversos estiércoles animales. Fuente: ¹ Aso & Bustos, 1991, ² Del pino *et.al.*, 2006 – Gange, 2016.

Nutriente	Vacuno ¹	Porcino ¹	Gallinaza ¹	Cama pollo ²	Caprino ¹	Conejo ¹
Materia orgánica (%)	48,9	45,3	54,1	65	52,8	63,9
Nitrógeno total (%)	1,27	1,36	2,38	2,81	1,55	1,94
Fósforo asimilable (P₂O₅)	0,81	1,98	3,86	1,26	2,92	1,82
Potasio (K₂O)	0,84	0,66	1,39	1,7	0,74	0,95
Calcio (CaO)	2,03	2,72	3,63	2,33	3,2	2,36
Magnesio (MgO %)	0,51	0,65	0,77	0,49	0,57	0,45

Las **dosis usuales** varían entre diez y cuarenta toneladas por hectárea para los estiércoles de herbívoros; cantidad que se reduce a la mitad tratándose de cerdos o aves. Lo ideal es realizar un análisis de cada estiércol y así conocer los parámetros mencionados en la tabla anterior además del pH y conductividad eléctrica. En relación a estos parámetros y el objetivo buscado se decidirá que dosis aplicar.

Compost

El compostaje se define como un proceso en el cual el residuo es sometido a una degradación biooxidativa bajo condiciones controladas, cuyo producto final es el compost. Es un proceso de transformación aeróbico producido por la actividad microbiana. El material producido está constituido, en un elevado porcentaje, de materiales orgánicos estables, cuya identidad química original ha

sido modificada hacia estructuras similares a aquellas que conforman el humus del suelo y, por lo tanto, tendrían funciones semejantes a las de la materia orgánica nativa (figura 19). Como puede verse en la figura 20 durante el proceso de compostaje se producen distintas etapas relacionadas con cambios en la temperatura de la pila y se las denomina: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración. Los factores que influyen en el proceso son: la temperatura, humedad, pH, oxígeno, la relación C/N del material original, tamaño de partícula, la calidad del sustrato, el tamaño y forma de la pila. El paso por una etapa termófila produce una reducción de patógenos mesófilos y semillas de malezas, además durante la etapa de maduración se degradan sustancias fitotóxicas finalizando en un producto inocuo, que no atrae vectores y que contiene materia orgánica y nutrientes de lenta liberación de nitrógeno.

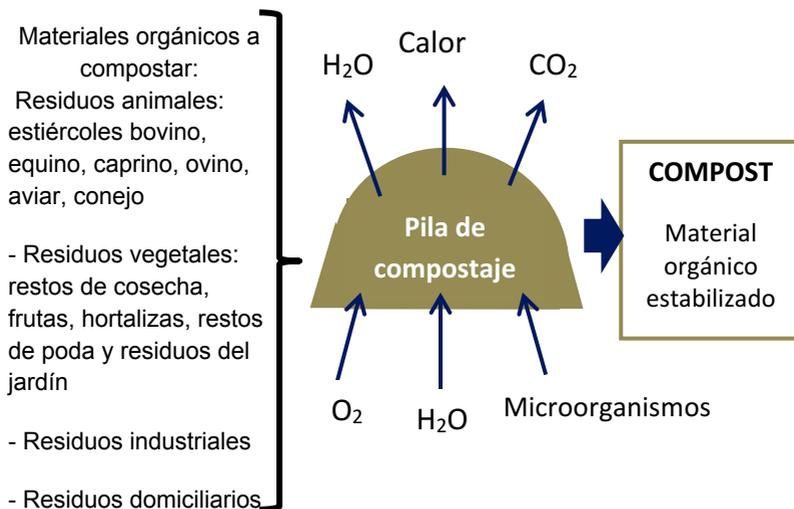


Figura 19: Esquema del proceso de compostaje

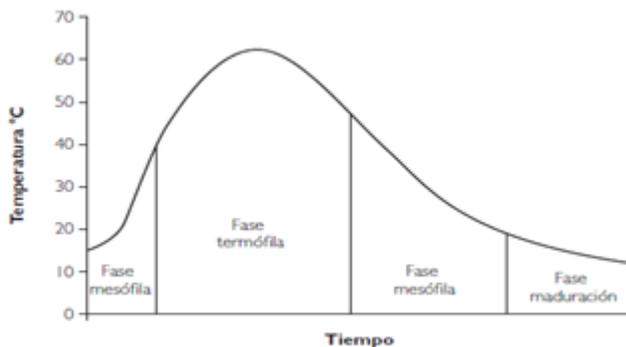


Figura 20: fases del proceso de compostaje en relación a los cambios de temperatura. Se puede observar que en la fase termófila las temperaturas superan los 60°C pudiendo alcanzar los 70°C. Fuente: Mazzarino *et.al.*, 2012.

La adición de compost produce generalmente una mejora de las propiedades físicas (estabilidad estructural, densidad aparente, porosidad e intercambio de gases, infiltración, mejora la penetración), un incremento del pH del suelo y un aumento de la conductividad eléctrica. Esto último se debe tener en cuenta ya que puede generar complicaciones en la germinación o sobre el cultivo.

Es importante destacar que los compost poseen parte de los nutrientes en forma inmediatamente disponible y otra fracción debe ser mineralizada para liberarlos. Los composts de origen vegetal poseen menor contenido de nitrógeno y fósforo. A su vez, el de cama de pollo suele tener mayor contenido de fósforo. El efecto sobre el nitrógeno dependerá, de las relaciones C:N y lignina-celulosa, entre otras de las características del compost. En tal sentido, se han atribuido al compost derivado de residuos sólidos urbanos un importante efecto residual en lo que a nitrógeno se refiere. Estos materiales también contienen cantidades apreciables de micronutrientes que estarán a disposición de los cultivos, en razón de lo cual, han sido considerados como correctores de deficiencias de estos elementos en el suelo (tabla 13).

En cuanto a las dosis a emplear a igual que el caso de los estiércoles lo ideal sería realizar un análisis del compost y en función de eso definir la cantidad a aplicar. A continuación en la tabla 14 pueden observarse las dosis comúnmente empleadas en

cultivos extensivos en función del tipo de suelo.

Tabla 13: Valores medios de la composición de compost de un año, producido a partir de cama de pollo.

Materia orgánica	38 %	Potasio	48,2 cmolc/kg
Nitrógeno	2 %	Calcio	9,6 cmolc/kg
Fósforo	181 ppm	Magnesio	18,8 cmolc/kg
Conductividad eléctrica	13,5 dSm.m ⁻¹	Zinc	5,86 mg/L
pH	6,74	Hierro	49,11 mg/L
CIC	60 cmolc/kg	Cobre	1,92 mg/L
Sodio	23,1 cmolc/kg	Manganeso	113,68 mg/L

Tabla 14: Dosis recomendadas de compost en función del tipo de suelo.
Fuente: BIOLUR, Asociación de Agricultura Ecológica de Gikuzpoa, 2012.

Tipo de suelo	Dosis (tn/ha)	Época - Periodicidad
Tierras arenosas – limosas (con baja capacidad de retención) Dosis pequeñas y a menudo	5 a 10	Dependiendo de la rotación (finales de invierno). Anual
Tierras arcillosas (con alta capacidad de retención) Dosis grandes y espaciadas en el tiempo	10 a 20	Dependiendo de la rotación

Elaboración del compost

1. Seleccionar un lugar alto de buen drenaje, de lo posible sombreado y cercano a una fuente de agua
2. Desmalezar una franja de 1,5 m de ancho y largo dependiendo el lugar
3. La pila puede generar un lixiviado (liquido negro) que puede contaminar el suelo. Conviene juntarlo y usarlo para regar la pila. Se puede usar un polietileno en la base con una leve pendiente para juntarlo.
4. Conviene armar una “parrilla” con ramas, cañas o paja de cereales para favorecer la aireación. Sobre esta se comienzan a depositar los residuos de la siguiente manera:

- a. Capa de materiales de descomposición lenta, ricos en carbono (paja de cereales, aserrín, restos de podas, cañas de maíz, etc)
- b. Capa de materiales de descomposición rápida ricos en nitrógeno y almidón (estiércoles, descarte de frutas y hortalizas, residuos orgánicos de cocina, etc).
- c. Capa delgada de compost maduro o tierra.

Se repiten las capas hasta alcanzar una altura de 1 a 1,5 m.

Con la mezcla de materiales se debe lograr una relación C/N: 25–35. Conviene trocear los materiales y lograr un tamaño de partícula de 1 a 3 cm.

En la figura 21 puede observarse un esquema de la pila de compostaje.

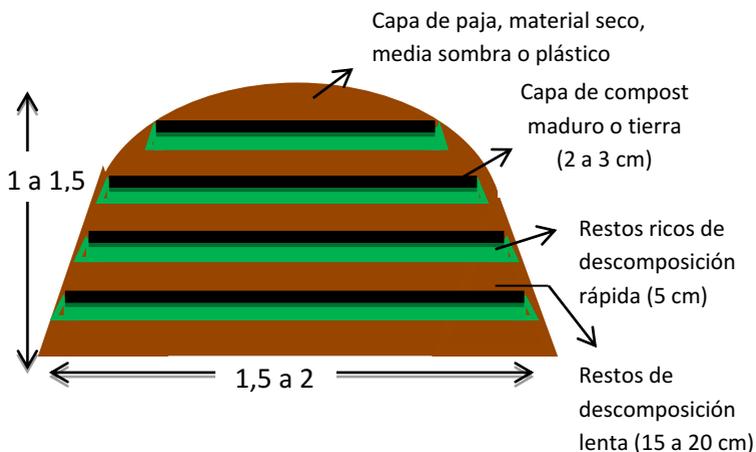


Figura 21: superposición de capas de los materiales que conforman la pila de compostaje.

5. Regar por encima abundantemente si el montón está seco, y solo para asentar si está húmedo. Es muy importante el riego en verano. Tapar la pila con paja seca o ramas o media sombra para evitar la desecación de la pila. En caso de excesivas lluvias conviene tapar con un polietileno.
6. Controlar la temperatura (con termómetro o de manera sensorial) y la humedad (apretando material con la mano debe humedecer la mano pero no chorrear agua)
7. A los treinta o cuarenta días, desarmar el montón, y volverlo a

armar en el mismo lugar tratando de mezclar los materiales, y dejando en el centro las partes que estaban en los bordes.

8. Cuando se verifica la total transformación del material no pudiendo reconocerse el material de origen, el compost puede utilizarse o conservarse bajo polietileno hasta su empleo.

- ✓ Las altas temperaturas que se alcanzan en el proceso permiten eliminar hongos, bacterias, virus, semillas de malezas y restos de medicamentos que se hayan suministrado a los animales
- ✓ Al estabilizarse los componentes se disminuye su capacidad de contaminación. Se estabilizan los nutrientes móviles (como N y S).
- ✓ Permite mejorar las condiciones físicas de los suelos, además de servir como fuente de nutrientes
- ✓ Permite disminuir el uso de fertilizantes químicos, con lo cual se protege el medio ambiente
- ✓ Mejora la capacidad biológica de los suelos al ser fuente de microorganismos.

Lombricompost

Se basa en el cultivo de lombrices denominadas rojas o del estiércol, que procesan residuos orgánicos generando un abono integral de muy alta calidad: el lombricompost o "casting". Este producto, a diferencia del compost o del estiércol, contiene materia orgánica estabilizada con un grado mayor de transformación que el compost, y una flora bacteriana que favorece los procesos bioquímicos del suelo. Por todo esto, se dosifica en pequeñas cantidades y su costo es relativamente elevado. Se utiliza como materia prima el compost, una vez que se verifica que ya paso la etapa termófila (temperaturas superiores a los 40°C matarían a las lombrices). Este proceso puede durar de 3 a 6 meses, y antes de retirarlo, se deben sacar las lombrices para volver a utilizarlas. Para esto, una vez que el proceso se va terminando para evitar la fuga de lombrices se añade compost fresco en la mitad o el tercio superior

de la cajonera, de modo que al cabo de una semana estas trampas de compost se llenen de lombrices que podremos retirar y poner en otra cajonera para reiniciar el proceso. El lombricompost obtenido es un material muy estable, homogéneo, de fácil embolsado, y que dura varios años sin alteración. Es por eso el más comercializable de los abonos.

Biofertilizantes o fertilizantes biológicos.

Son productos que están constituidos por microorganismos de diferentes tipos (bacterias, microalgas, hongos formadores de micorrizas, etc.) que se aplican al suelo para mejorar la riqueza o disponibilidad de nutrientes, mediante la fijación biológica del nitrógeno u otros procesos bioquímicos.

En una acepción más amplia podemos incluir como abonos orgánicos a los cultivos de cobertura y abonos verdes.

Cultivos de cobertura (CC)

Los cultivos de cobertura ya mencionados en el apartado de rotaciones, pueden ser incorporados al sistema con distintos objetivos: mejorar el balance de carbono (C); fijar nitrógeno (N) para reducir los requerimientos de fertilizantes; atenuar las pérdidas de suelo por erosión eólica e hídrica; disminuye la temperatura superficial del suelo; disminuir la presión de malezas y el uso de herbicidas; mejorar la captación de agua y reducir encharcamientos/encostramiento; mejorar transitabilidad; reducir riesgos de salinización por ascenso capilar desde napas; reducir evaporación incrementando la eficiencia de conservación y disponibilidad de agua en el perfil; disminuir la lixiviación de nutrientes; disminuir la susceptibilidad a la compactación favoreciendo la resiliencia del sistema. Dependiendo de su manejo es posible sincronizar mejor la oferta de nutrientes para los cultivos sucesores; mejorar el anclaje de residuos de cultivos de cosecha minimizando las pérdidas por efecto del viento y/o agua; mejorar la actividad biológica.

Los CC pueden ser incluidos en diferentes rotaciones de la Región Pampeana siendo más recomendable utilizar una leguminosa antes del maíz y una gramínea antes de la soja. La inclusión de una leguminosa (*Vicia villosa* por ejemplo) aporta C, genera cobertura, reduce el requerimiento de fertilizante nitrogenado

e incrementa el rendimiento potencial del maíz. Una gramínea invernal (centeno o avena) es útil para absorber nitratos residuales (especialmente luego de años secos), aportar C e incrementar la cobertura del suelo. En muchos casos también se usa una consociación de leguminosas y gramíneas (por ejemplo: avena y vicia). En general, en el momento de secado del CC las leguminosas tienen una relación C/N más bajas que las gramíneas, por lo tanto su descomposición es más rápida aportando nitrógeno al cultivo siguiente en forma más ligera. Si la especie seleccionada pertenece a la familia de las gramíneas, puede generarse un efecto negativo por competencia con el cultivo principal. Esto se debe a que, si no se respeta el tiempo necesario de barbecho, el nitrógeno absorbido por el cultivo de cobertura puede no llegar a liberarse por descomposición en los momentos que el cultivo principal lo requiere.

El CC consume agua para su crecimiento, pero secado a tiempo, genera mejores condiciones de captación y almacenaje, logrando similar lámina de agua útil a la siembra del cultivo sucesor sin afectar sus rendimientos. Además, el CC podría funcionar como puente de N, captando N durante el barbecho previo a un cultivo de verano hasta un cultivo de invierno siguiente de la secuencia, reduciendo posibles pérdidas y mejorando el aprovechamiento del nutriente.

Los abonos verdes

Los abonos verdes son cultivos (leguminosas, gramíneas, crucíferas, etc.), que se incorporan en verdes al suelo a diferencia de los cultivos de cobertura. Los abonos verdes, además del aporte de materia orgánica derivada de la descomposición de la biomasa enterrada, se puede conseguir un incremento de la actividad microbiana del suelo. Además, cuando se utilizan leguminosas, se puede conseguir un aporte importante de nitrógeno atmosférico mediante el proceso de fijación biológica. En la tabla 15 se exponen las cantidades de nutrientes que pueden aportar diferentes tipos de abonos verdes.

Tabla 15: Cantidad de nutrientes que pueden aportar los abonos verdes.
Fuente: Gonzalez & Pomares, 2008.

Tipo de Planta	Contenido medio en kg/ha			
	N	P2O5	K2O	Dosis siembra
Trébol	30 - 70	10 - 20	4 - 70	5 - 6
Vicia	50 - 70	15 - 20	50 - 60	100 - 120
Habas	30 - 100	10 - 30	30 - 120	150 - 200
Mezcla (vicia + arveja + haba)	50 -120	10 - 30	50 - 120	50 + 50+ 50
Colza forrajera	50 - 100	20 - 40	80 - 180	4
Mostaza	40 - 80	30 - 40	80 - 120	12 -15
Rábano forrajero	30 - 180	20 - 60	80 - 220	12 - 20

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS, ENFERMEDADES Y MALEZAS

¿A qué llamamos biodiversidad y por qué es importante?

El término diversidad biológica o biodiversidad significa “variedad de vida”. Generalmente se piensa que sería el total de especies diferentes presentes en un lugar, pero desde hace algún tiempo, la biodiversidad se reconoce como un concepto mucho más complejo que involucra distintos niveles de organización biológica (genes, especie, población, comunidad, ecosistema y paisaje) y que no solamente se refiere a la “variedad de vida” sino que es una construcción socio-política y una entidad ecológica medible.

A pesar de lo anterior, y dado el alcance de este Manual de buenas prácticas, nos manejaremos con una definición menos abarcativa diciendo que la **diversidad biológica agrícola o agrobiodiversidad** comprende “todos los componentes de la diversidad biológica que constituyen el ecosistema agrícola, las variedades y variabilidad de animales, plantas y microorganismos a nivel genético, de especies y de ecosistemas, necesarios para mantener las funciones principales de los ecosistemas agrarios, su estructura y procesos”.

Una amplia variedad de organismos en nuestros lotes de cultivo es necesaria para sustentar la estructura, y procesos clave de los agroecosistemas ya que proveen los siguientes servicios ecológicos:

- Ciclo de los nutrientes, descomposición de la materia orgánica y mantenimiento de la fertilidad de los suelos.
- Regulación de plagas y enfermedades.
- Polinización.

- Mantenimiento de la fauna y la flora silvestres y los hábitats locales.
- Mantenimiento del ciclo hidrológico.
- Control de la erosión.
- Regulación del clima y absorción del carbono.

Hay una diversidad biológica agrícola que es planeada, es decir, es implementada al sistema de producción por decisión del agricultor. Todos hemos oído hablar de los cultivos consociados, por ejemplo; o bien, las pasturas normalmente no son de una sola especie sino de varias. La diversidad biológica asociada, en cambio, incluye a todos los organismos cuya presencia en el agroecosistema está determinada por la estructura y manejo del mismo, sin que el productor lo decida, por ejemplo las malezas, los insectos y otros animales que afectan a los cultivos, los patógenos que causan enfermedades.

En general, se puede decir que los sistemas productivos de diseño más complejo determinan una mayor biodiversidad que permite que se den las interacciones necesarias para optimizar los servicios ecológicos.

De alguna manera, asociado a lo anterior, es posible pensar que esa diversidad biológica asociada, en la medida que no determine pérdidas importantes en los cultivos, puede ser favorable en el mantenimiento de los servicios ecológicos mencionados. Como ejemplo: las malezas, en general, no son deseables porque compiten con los cultivos por luz, agua y nutrientes. Pero una densidad mínima de ellas no genera pérdidas importantes y pueden alimentar a insectos que actúan como polinizadores de los cultivos. De la misma manera, ciertos insectos plaga cuando no se encuentran en una población importante, pueden estar frenando o limitando el crecimiento poblacional de otros insectos que quizás ocasionarían más pérdidas en los cultivos.

Para producir controlando aquellas plagas, enfermedades y malezas que causan afectan nuestra producción pero intentando mantener un cierto nivel de biodiversidad se usa el **Manejo integrado**, que iremos viendo en las próximas páginas.

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

El concepto de plagas se refiere al conjunto de individuos de una especie que independiente o en combinación con otras especies afectan el rendimiento y/o calidad y consecuentemente el valor económico de la producción. Diversos factores relacionados con la ecología de poblaciones y su interacción con el ambiente determinan que un insecto alcance determinados niveles de densidad poblacional en un determinado momento y lugar.

Ciertas prácticas, como la siembra directa y la aplicación de tratamientos preventivos de insecticidas junto con los herbicidas que ejercen influencia en los controladores biológicos, han incrementado la presencia de algunas plagas que resultan favorecidas por la ausencia de laboreo, tal el caso de gusanos alambres, gusanos blancos, orugas cortadoras, grillos subterráneos, tucuras y otras.

La interacción entre las plagas y los cultivos depende de diversos factores, que pueden ser modificados por el manejo y el ambiente.

Factores del cultivo:

- Estado ontogénico en que se produce el ataque, por ejemplo un ataque temprano del barrenador del tallo en maíz causará más daños que uno tardío.
- Estado nutricional e hídrico, por ejemplo la tolerancia a la defoliación por isocas cortadoras, será diferente según el índice de área foliar generado.
- Nivel de rendimiento esperado. Algunos modelos de simulación han permitido determinar que en algunos casos la reducción del rendimiento es mayor cuando el nivel de rendimientos esperados aumenta.
- Material genético: incluye los diferentes niveles de resistencia, como así también evasión, escape y tolerancia.
- Destino de la producción: de acuerdo al destino de la producción, las exigencias de calidad pueden variar y por lo tanto se aceptarán diferentes niveles de daño.

Factores de la plaga:

- Dinámica poblacional: el manejo de plagas exige conocer los parámetros que las caracterizan, en cuanto a evolución del número

de individuos, sus estados de desarrollo, tasa de natalidad y mortalidad. También el número de generaciones de un insecto puede determinar su peligrosidad.

- Comportamiento alimentario y reproductivo: de acuerdo al estadio larval el consumo puede ser nulo o causar pérdidas importantes.
- Enemigos naturales: el número de individuos de un insecto puede variar si en el sistema hay presentes enemigos naturales.
- Comportamiento frente a mecanismos de defensa: como por ejemplo insectos que detoxifican sustancias nocivas.
- Temperatura: modifica la duración de los estadios larvales e influye sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo.
- Agua: regula la presencia de ciertas plagas y el crecimiento del cultivo.

Factores del manejo:

Las labranzas, la densidad y fecha de siembra y la fertilización modifican las relaciones entre la plaga y el cultivo. Por ejemplo la siembra directa modifica las características fisicoquímicas del suelo, favoreciendo a los insectos del suelo. Un adelanto en la fecha de siembra disminuye la probabilidad de ataque de *Diatraea saccharalis*.

Efecto de las plagas sobre los cultivos

Considerando la generación de biomasa y efectos sobre el rendimiento una clasificación de las plagas podría ser en base a: aquellos insectos que afectan la biomasa total a) *reductores de "stand"*: orugas cortadoras, aves, gusanos de suelo, nematodos, hormigas, moscas de semillas y liebres b) *consumidores de tejidos*: orugas cortadoras, barrenadores, orugas desgranadoras c) *reductores de interceptación de radiación que aceleran la senescencia de hojas*: trips, ácaros d) *reductores de fotosíntesis y/o respiración*: pulgones e) *succionadores*: chinches, pulgones, f) *reductores de turgencia*: insectos de raíces. Varios insectos pueden incluirse en más de una categoría (figura 22).

¿De qué manera una planta, incapaz de moverse, puede sobrevivir en un mundo poblado de tantas especies de insectos?

Las plantas poseen una serie de mecanismos de resistencia

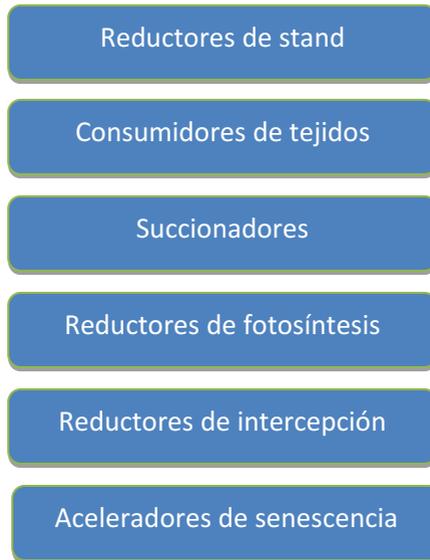


Figura 22: Daño ejercido por las plagas en los cultivos. Adaptado de Gil et al. (2012)

que les permiten evitar o tolerar el efecto de la herbivoría. El escape se ha identificado como un mecanismo previo a la resistencia. El escape permite que mediante la manipulación de la fenología del cultivo, el momento crítico del cultivo no coincida con los picos poblacionales de las plagas. Por ejemplo, la elección de la fecha de siembra en maíz permite que los picos poblacionales de *Diatraea saccharalis* o del vector del mal de Río Cuarto, *Delphacodes kuscheli*, no coincidan con los momentos de mayor susceptibilidad del cultivo.

Las defensas son características físicas y químicas de las plantas que impiden o detienen el consumo, o matan a los herbívoros. Las defensas físicas incluyen a los pelos glandulares o urticantes, depósitos cuticulares y epidermis gruesa. Las defensas químicas involucran la producción de metabolitos secundarios, entre ellos los terpenos de maíz. Estas defensas pueden ser constitutivas o inducidas. Las primeras están siempre presentes independientemente de que existan daños por herbivoría, en tanto que las inducidas son respuestas físicas, nutricionales y aleloquímicas que ocurren en las plantas en respuesta a un daño o

estrés.

Posterior a los mecanismos de defensa se encuentra la tolerancia que es la capacidad de las plantas de soportar daños sufriendo menos impacto en su crecimiento y reproducción y consecuentemente en el rendimiento. Puede actuar a nivel de planta individual o poblacional. A nivel individual, el daño puede ser compensado a través de diferentes mecanismos 1) a partir de la activación de meristemas axilares, 2) retrasando la senescencia de las hojas remanentes, 3) aumentando la tasa de división o crecimiento celular de nuevas hojas, 4) modificando la actividad fotosintética de las hojas no dañadas.

A nivel cultivo, la pérdida parcial o total de plantas puede ser compensada por las plantas vecinas a través de la captura de los recursos que quedan liberados. Así la pérdida de rendimiento es compensada no por el propio individuo sino por el crecimiento diferencial de plantas vecinas que no sufrieron daños. La reducción de rendimiento será mayor si las pérdidas de plantas ocurren en manchones.

Los insectos perjudiciales, a su vez, se pueden agrupar en aquellos que ocasionan daños en órganos vegetativos que pueden atacar en los primeros estadios o cuando el cultivo está más desarrollado y en aquellos que ocasionan daños en órganos reproductivos.

Pero, aún cuando las plantas puedan defenderse o tolerar el daño de las plagas, suelen necesitar ayuda...

Algunas plantas tienen tolerancia a algunas plagas, pero no a todas. Y muchas plantas no tienen ninguna tolerancia, por lo que deben ser protegidas para evitar perder gran parte de las cosechas. Para este fin pueden usarse productos químicos. Hoy estamos todos muy familiarizados con el uso de plaguicidas. No sólo en los cultivos, sino en los hogares para “eliminar” moscas, mosquitos, cucarachas y todo insecto molesto. Sin embargo, los insecticidas son relativamente nuevos en nuestra historia, surgieron en la década del '40. Si bien al principio parecían la solución a todos nuestros problemas, en poco tiempo empezó a ponerse en duda la seguridad de su uso, y hacia finales de la década del '70 se reconocieron categóricamente los peligros relacionados con su aplicación. Se

entendió que, aunque el único objetivo de aplicar un insecticida al cultivo es reducir la población de las plagas, se producen al mismo tiempo muchos efectos no deseados: se seleccionan plagas resistentes, se destruyen enemigos naturales de las plagas que son benéficos para nosotros, se produce resurgencia de las plagas o aparecen nuevas plagas, se destruyen los polinizadores, que son de gran importancia en algunos cultivos, se contamina toda la cadena alimentaria, se contaminan los distintos compartimentos del ambiente (agua, aire, suelo), se afecta a las personas que consumen alimentos con residuos de plaguicidas, a las que trabajan con ellos, ya sea aplicándolos, produciéndolos en las fábricas, transportándolos. Ante este panorama surgió lo que se conoce como **Manejo integrado de plagas (MIP)**.

¿Qué es el manejo integrado de plagas (MIP)?

El concepto de MIP implica dos cuestiones importantes: 1- no es necesario eliminar las plagas, deben manejarse, y 2- deben usarse diferentes métodos de control de manera integrada o complementaria para aprovechar lo mejor de cada uno.

El MIP se basa en que se puede y se debe tolerar un nivel de plaga tal que, sin generar pérdidas económicas importantes, cumple otras funciones ecológicas necesarias para el funcionamiento de los agroecosistemas. Por ejemplo, si eliminamos toda la población de una plaga, se quedarán sin alimento los organismos benéficos que se alimentan de ella disminuyendo o desapareciendo su población y restringiendo el control natural que existía previamente.

El MIP implica también que no debe usarse una sola forma de control para manejar las plagas sino que deben integrarse adecuadamente las distintas maneras posibles de hacerlo. Ya se habló del **control genético** a través de la resistencia o la tolerancia que ciertas variedades de distintos cultivos exhiben ante ciertas plagas. Esa es una de las formas de control. También hay un **control natural** que debe favorecerse. Todos los organismos poseen enemigos naturales que pueden ser parásitos, predadores y también microorganismos como hongos, bacterias o virus que los controlan. Algunos de estos enemigos es necesario preservarlos, evitando su mortandad, con otros se pueden establecer formas de manejo que los favorezcan y, principalmente, en el caso de los

patógenos, se han podido sintetizar insecticidas de tipo biológico que tienen, además, la ventaja de ser altamente selectivos afectando sólo a ciertos grupos de insectos plaga.

También existen técnicas de **control cultural**. Las diferentes fechas de siembra, por ejemplo, pueden favorecer o no la incidencia de determinadas plagas, lo mismo que el sistema de labranza empleado. Una técnica particular, que es un híbrido entre control cultural y químico, son las conocidas como “franjas trampa”, en las cuales se aprovecha la característica de muchas plagas de ir colonizando el cultivo desde la periferia del lote de cultivo hacia adentro. Para ello se siembra alrededor del lote una franja con una variedad del mismo cultivo que sea un poco más precoz que la implantada en la parte central. De esta manera, la plaga afectará primero a esa variedad del borde, que actuará como trampa, concentrándose allí los insectos, donde será más fácil su control y se efectuará haciendo una pulverización sobre una superficie mucho menor, ya que se estima necesario que estas franjas sean de aproximadamente un 5 a 8% de la superficie total de cultivo.

Y también se puede hacer el **control químico**. Aunque se reconoce el efecto nocivo de los insecticidas sobre el ambiente y los seres vivos, incluido el ser humano, en el MIP no se plantea no utilizarlos sino hacerlo racionalmente. Para esto, en el marco del MIP, se hace uso de los conceptos de **Umbral de daño económico (UDE)** y **Umbral de acción (UA)**, y también se orienta acerca de cómo elegir los insecticidas a usar.

El UDE es el nivel de plaga tal que sus daños justifiquen económicamente el control. Es decir, relaciona en términos económicos la pérdida de rendimiento producida por cierto nivel de plaga con el costo de su control. Cuando estos se igualan tenemos el NDE. El UA es la combinación de cierto daño y nivel de población con los cuales hay que iniciar medidas de control para evitar que alcancen el NDE, o sea, se toma en cuenta la posibilidad de demoras en realizar el control o fallas en el mismo que obliguen a una nueva aplicación.

Tanto el NDE como el UA se basan en el monitoreo de los lotes de producción. Esto significa recorrer periódicamente los lotes, haciendo muestreos sistematizados, registrando el estado del cultivo, la presencia y estado de las distintas especies plaga y de los enemigos naturales. Esto es porque deben cuantificarse y

cualificarse las especies presentes. Por ejemplo: para la isoca medidora del girasol, se registra y cuenta aquellas larvas que miden más de 1,5 cm de largo, y se registra si están sanas o parasitadas, y además se asocia al porcentaje de defoliación del cultivo, ya que todos esos datos son necesarios, junto con el estado fenológico del cultivo, para decidir si es necesario hacer o no una aplicación. Es decir, las personas encargadas de hacer el monitoreo deben capacitarse en el conocimiento del cultivo, de los insectos plaga y de los insectos benéficos. A diferencia de lo que se hacía hace tiempo, la sola presencia de los insectos plaga en el cultivo no determina la aplicación de un insecticida. Hoy se ha avanzado en el conocimiento de la bioecología de las plagas, en cómo responde el cultivo a las mismas, y se hace jugar también los aspectos económicos relativos al costo de las aplicaciones, por eso es más difícil tomar la decisión del control químico, pero también es una decisión mejor tomada, sobre una base más firme.

Los NDE y UA para las distintas plagas en los distintos cultivos se publican por distintos medios, por lo que son de conocimiento público. Es importante hacer notar que los valores que se informan son a título orientativo, ya que como se mencionó algunas páginas atrás la relación entre el cultivo y la plaga es modificada por el ambiente y por otras decisiones de manejo del cultivo. Pero además, como es una relación económica, depende también de las relaciones de precios del producto cosechado (granos) y del insecticida a aplicar, los cuales pueden ir variando de año a año. Por este motivo, siempre conviene consultar a un profesional para decidir la aplicación.

Por lo anterior, casi paralelamente se toman las decisiones de hacer un control químico y cuál será el producto aplicar. Pero esta última decisión puede ser más fácil si se toma en consideración que hay que aplicar, dentro de los productos recomendados para esa plaga por su eficacia, el de mayor selectividad, para controlar en lo posible, sólo a la plaga. También debería elegirse el insecticida de menor toxicidad, no sólo para que afecte menos a otras especies que no se intenta controlar (otros insectos, aves, peces, etc.) sino para que corran menos riesgos las personas involucradas en la aplicación.

Otro aspecto importante con respecto al control químico, es el de rotar principios activos, es decir, ir alternando insecticidas que

posean diferentes sitios de acción en los insectos a fin de prevenir la adquisición de resistencia a los mismos por parte de las plagas

- ✓ No aplicar un insecticida simplemente porque esté la plaga presente.
- ✓ Prever las plagas que puedan presentarse y seleccionar cultivos y variedades que se comporten mejor
- ✓ Hacer uso de diferentes tácticas de control de manera integrada para manejar las plagas
- ✓ Monitorear los cultivos periódicamente a fin de conocer la evolución de los mismos y también la de las plagas y la de los organismos benéficos.
- ✓ Decidir la aplicación de un insecticida sobre la base de un monitoreo correctamente realizado y haciendo uso de Niveles de daño económico y Umbrales de acción.
- ✓ Elegir el insecticida más apropiado para cada situación, que sea efectivo para la plaga pero también selectivo y de baja toxicidad.

MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES

¿Qué es una enfermedad en una planta?

Es una alteración **anatómica** y/o **fisiológica** y de duración más o menos prolongada o permanente como para producir síntomas visibles o para perjudicar su calidad y valor económico.

Los tres factores determinantes de enfermedades bióticas o parasitarias de las plantas son: el hospedante (h), el patógeno (p) y el ambiente (a). La combinación en el tiempo y en el espacio de estos tres elementos determina la ocurrencia o ausencia de una enfermedad, su intensidad y las pérdidas económicas en la producción (figura 23)

¿Qué son los patógenos biótrofos y necrótrofos?

Los agentes causantes de enfermedades de plantas pueden ser clasificados en parásitos biótrofos y necrótrofos.

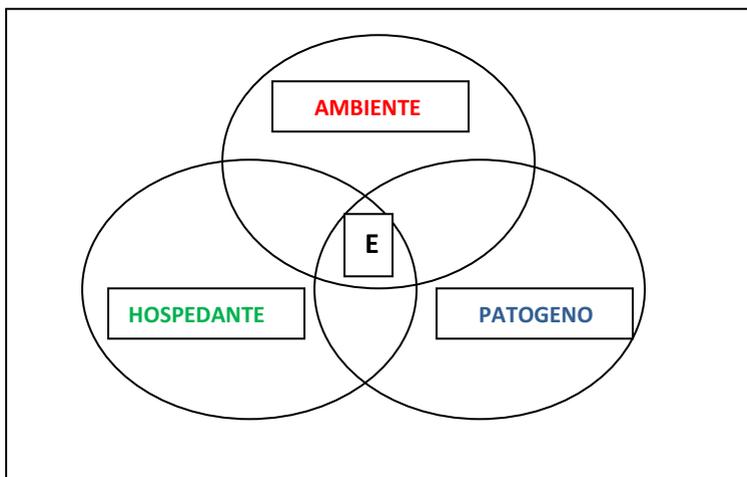


Figura 23: La interacción entre el ambiente, el patógeno y el hospedante determinan la aparición o no de una enfermedad y la intensidad con que se presenta. El hombre puede actuar modificando cada uno de estos componentes para evitar la enfermedad o reducir su perjuicio.

Los **biótrofos** son aquellos que extraen sus nutrientes única y exclusivamente de tejidos vivos, mientras que los **necrótrofos** utilizan los tejidos muertos como fuente de nutrientes. Después de la cosecha de un cultivo, los hongos continúan extrayendo nutrientes, saffrofiticamente de los restos culturales. Presentan dos fases nutricionales diferentes: parasitismo en la planta viva y saffrofitismo en la planta muerta.

¿Qué es el Manejo Integrado de Enfermedades?

La concientización ecológica globalizada exige productos más naturales lo que ha llevado a implementar distintas estrategias para una producción agrícola libre de residuos tóxicos.

El control de los patógenos involucra medidas que aumentan el costo de producción y, consecuentemente, reducen el lucro de la actividad agrícola. Esta amenaza a la sustentabilidad económica ha llevado a que los productores apliquen el **manejo integrado de enfermedades (MIE)**. En el control integrado se emplean todas las tácticas disponibles teniendo siempre presente el retorno

económico. En el MIE, además de estos aspectos, se toma en consideración la sustentabilidad ecológica, tendiendo como principio a la racionalización del uso de agroquímicos.

Principales estrategias del MIE

Uso de cultivares resistentes

Es un método preferencial de control de enfermedades, siendo el más sustentable económica y ecológicamente. La resistencia es la habilidad de la planta hospedante de suprimir o retrasar, en algún grado de intensidad la actividad de un organismo fitopatógeno.

Sanidad de la semilla

Otro elemento importante en el MIE es la sanidad de la semilla. La semilla infectada por patógenos causantes de manchas foliares, canchales, antracnosis y pudriciones del tallo y de la espiga introduce el inóculo en los campos. El proceso de transmisión de los patógenos de las semillas a las plántulas ocurre normalmente con una elevada eficiencia. El principio del control de los parásitos asociado a las semillas tiene dos fundamentos: producción de semillas libres de patógenos o con baja incidencia y el uso de medidas fitosanitarias que eviten la transmisión del patógeno de la semilla a plántula. Por lo tanto, la finalidad del control de patógenos asociado a la semilla es evitar la transmisión semilla-plántula y mantener en un cultivo, una baja intensidad de enfermedad.

Uso de agroquímicos

Puede resultar necesario en muchos casos, para asegurar la productividad de un cultivo afectado. Sin embargo estos productos pueden generar riesgos a la sustentabilidad ecológica y económica y es por eso que su empleo debe ser racionalizado de modo que sean utilizados sólo cuando hubiera necesidad y garantía de retorno económico. En la concepción del MIE, no se recomienda la aplicación de fungicidas foliares en ausencia de síntomas. Sólo son posibles dichas aplicaciones teniendo en cuenta los umbrales de daño económico (UDE) y los umbrales de daño de acción (UDA). Estos umbrales representan el máximo nivel de enfermedad tolerable económicamente en los lotes y son lo suficientemente

bajos como para aprovechar las principales acciones de los fungicidas (preventivas y curativas) y para frenar la tasa de multiplicación del patógeno.

Control cultural

Los principios que fundamentan el control cultural son tres: a) supresión del aumento y/o destrucción del inóculo existente; b) escape de los cultivos al ataque potencial del patógeno; c) regulación del crecimiento de la planta direccionado a una menor susceptibilidad.

- Rotación de cultivos

Se mencionó previamente que el alternar cultivos que no sean susceptibles a las mismas enfermedades es una manera de cortar el ciclo de los patógenos y reducir el inóculo presente en los lotes.

- Enmienda orgánica en el suelo

Es significativo el efecto de la materia orgánica en la dinámica poblacional de microorganismos en el suelo y, consecuentemente, sobre el potencial de inóculo y sobre el equilibrio poblacional de fitopatógenos causantes de pudriciones radiculares y de la base del tallo de las plantas.

La adición de materia orgánica en el suelo ha sido llevada a cabo más frecuentemente a través de los abonos verdes, compost, cama de ave, estiércol de suinos estabilizado y por el uso de sistema de siembra directa.

- Manejo del pH del suelo

La reacción del suelo puede también interferir en el desarrollo de enfermedades radiculares, como por ejemplo, a través de la alteración del pH. El manejo del pH del suelo ha sido generalmente hecho sobre suelos ácidos, a través del empleo de sustancias correctoras como calcáreos. Por otro lado, suelos alcalinos pueden ser acidificados por el uso de yeso agrícola. Dependiendo de la formulación, los fertilizantes químicos nitrogenados, pueden también alterar el pH del suelo, pero en menor intensidad.

- Preparación del suelo

La práctica de preparación del suelo, por arados, cinceles y otros

implementos de labranza, generan numerosos cambios físicos en el ambiente del suelo, como por ejemplo en la aireación, compactación, y en los potenciales de agua y de temperatura. Estos cambios tienen un impacto sobre la supervivencia y la actividad de los patógenos, en la susceptibilidad de las plantas y en la prevalencia de otros microorganismos.

- Densidad de siembra

La densidad de siembra puede ejercer un efecto sobre el micro y mesoclima del canopeo de las plantas. El principal efecto es sobre la duración del mojado de los sitios de infección, que normalmente ocurre en los cultivos más densos.

- Época de siembra

El efecto de la fecha de siembra sobre las enfermedades y en especial sobre las radicales, es un efecto, principalmente de la temperatura y la humedad del suelo. Por otro lado, hay enfermedades de infección floral dependientes de la temperatura y la duración del mojado en ese período. La siembra anticipada con relación a la época normal puede provocar que la floración ocurra con temperaturas medias por debajo a la ideal para la infección.

Control biológico y otras alternativas naturales

Dentro del MIE, el control biológico aparece como una nueva alternativa que puede contribuir a minimizar los daños causados por los patógenos y reducir el uso de productos químicos, ofreciendo seguridad para el medio ambiente y una eficiente opción agronómica.

Se define el control biológico como “la reducción de la densidad de inóculo o de las actividades productoras de enfermedad de un patógeno o parásito, en su estado activo o durmiente, mediante uno o más organismos, lograda de manera natural o a través de la manipulación del ambiente, del huésped o del antagonista, o por la introducción masiva de uno o más antagonistas”. Por su parte, el agente biocontrolador se define como el microorganismo con capacidad de limitar o evitar de manera más o menos selectiva el crecimiento de un agente patógeno, sin interferir en el crecimiento de la planta. Entre estos, el uso de hongos, bacterias y nemátodos está ampliamente difundido para controlar patógenos de plantas.

Por otro lado, hay distintas opciones naturales derivadas de vegetales que son relativamente seguros, fácilmente biodegradables y respetuosos del medio ambiente. Los extractos de plantas, como los aceites esenciales han sido conocidos por sus propiedades medicinales, antifúngicas y antimicrobianas desde la antigüedad. El uso de algunos productos químicos no peligrosos es otro medio potencial para la protección de las plantas de enfermedades fúngicas. Las sales, incluyendo el bicarbonato y fosfato, han sido ampliamente utilizadas en la industria alimentaria como conservantes, reguladores del pH, y agentes antimicrobianos y se sabe que tienen baja toxicidad para los mamíferos. Estas sales son generalmente reconocidas como seguras (GRAS) y se informó de varias de ellas tienen un amplio efecto inhibitorio contra una serie de patógenos fúngicos de plantas. Del mismo modo, se sabe que la aplicación exógena de ácido salicílico activaría la resistencia sistémica adquirida (SAR) contra los fitopatógenos.

¿Cómo podemos implementar un MIE?

1. Debemos conocer cuáles son las enfermedades que se han presentado en la zona en el cultivo que vamos a implantar. Para esto basta con consultar a otros productores y a técnicos y profesionales que trabajen en el área.
2. Debemos saber cuáles son las mejores formas de manejar esas enfermedades. Los profesionales que se desempeñan en la zona pueden orientarnos y también hay suficiente información en la web.
3. Una vez previstas las medidas preventivas para su manejo, como igualmente es posible que se presenten, debemos ser capaces de reconocer las enfermedades. Existen manuales con fotos que nos ayudan en esa tarea, también pueden buscarse en la web, los ingenieros agrónomos pueden asistirnos en el reconocimiento y, ante la duda, existen lugares como la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP), donde, a partir de plantas enfermas, se pueden hacer aislamientos en laboratorio y determinar cuál es el patógeno que está presente. Esto permitirá definir las medidas curativas que puedan tomarse.
4. Por último, lo que ocurra en esta campaña será importante de tener en cuenta para la siembra del próximo cultivo y también cuando se siembre el mismo cultivo en otra oportunidad.

- ✓ Usar semilla de buena calidad para asegurar en cierta medida la sanidad del futuro cultivo
- ✓ Tratar de minimizar el empleo de agroquímicos
- ✓ Implementar un buen control cultural según las características del cultivo, a fin de prevenir futuras patologías
- ✓ Incluir alternativas de control amigables con el hombre y el ambiente a fin de disminuir los riesgos de toxicidad
- ✓ Tratar de combinar las distintas estrategias de acuerdo a cada caso

MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS

¿Por qué se considera que la presencia de malezas en los cultivos es un problema?

- Porque interfieren con los cultivos: es decir, producen por un lado competencia por recursos como luz, agua y nutrientes, por todos conocida, pero también, en muchos casos producen efectos alelopáticos sobre los cultivos, esto es la liberación al medio de sustancias que afectan su crecimiento.
- Porque producen problemas en la operación de cosecha, siendo necesaria la regulación de los sistemas de trilla y limpieza, pudiendo afectar el sistema de corte y aumentando las pérdidas producidas durante la operación.
- Porque reducen la calidad comercial del producto obtenido, ya sea por su presencia si son semillas plaga, como por la presencia de cuerpos extraños o por aumentar la humedad de los granos, si son malezas que están verdes en el momento de la cosecha.
- Porque son reservorio de enfermedades y refugio de insectos que pueden afectar a los cultivos.

- Porque durante el barbecho, consumen agua y nutrientes y, en sistemas bajo labranza, dificultan la preparación de la cama de siembra.
- Porque, en las pasturas, disminuyen el valor del forraje y/o producen toxicidad.
- Porque disminuyen el valor de los campos que presentan alta infestación con malezas de difícil control.
- Porque cuando los sistemas se manejan bajo riego, dificultan esta práctica.

Las malezas son una de las principales limitaciones a la producción de los agroecosistemas, lo cual queda en evidencia por la gran cantidad de herbicidas que se usan actualmente y porque, además, éste es el tipo de plaguicidas cuyo uso más ha crecido en los últimos años. La visión simplista, basada en la idea que las malezas pueden ser eliminadas a través del uso de productos químicos, debe dar paso a una idea de manejo a largo plazo donde se busque mantener sus poblaciones por debajo de ciertos umbrales, compatibles con la idea de una agricultura ambientalmente más sana, pero económicamente rentable.

Para esto es también importante reconocer que las malezas cumplen otros roles en los agroecosistemas. Entre los servicios ecológicos que brindan se pueden señalar la prevención de la erosión del suelo, la fijación de carbono, el control del microclima local, la regulación de procesos hidrológicos, el ser hospedantes de fauna benéfica, el funcionar como atrayentes o repelentes de insectos fuera del cultivo, el capturar y acumular nutrientes no tomados por los cultivos, disminuyendo la posibilidad de su lixiviación, y el mantener la diversidad genética a nivel de lote o establecimiento.

Por este motivo, el objetivo del manejo sustentable de malezas es lograr sistemas en los cuales su control se realice sólo cuando sea estrictamente necesario considerando, a largo plazo, todos los efectos ambientales y económicos y el impacto sobre los otros componentes del sistema. Esto implica que se deben mantener niveles de infestación compatibles con una producción económica y ambientalmente sustentable.

A nivel práctico, conociendo las características del cultivo, las malezas presentes y la tecnología aplicada, pueden diseñarse

manejos que permitan evitar los efectos negativos que producen. Por ejemplo, en el cultivo de colza la implantación en época correcta, sumada a una adecuada fertilización ubican al cultivo en una ventaja relativa que, sumada a su habilidad competitiva, permiten un adecuado manejo de las malezas más comunes de la estación (figura 24).



Figura 24: Las fotos de cultivos de colza muestran que la correcta implantación del cultivo y una fertilización pensada para favorecer su crecimiento frente a las malezas puede hacer innecesaria la aplicación de herbicidas durante el ciclo del cultivo.

Otro caso es el del girasol y su relación con malezas gramíneas. Una implantación temprana permite al cultivo superar su período inicial sin competencia y luego competir con la maleza aprovechando su capacidad de sombreado y extracción de agua y nutrientes a mayor profundidad.

Como puede deducirse, son importantes todas las prácticas que favorezcan el crecimiento del cultivo en relación a las malezas. Estas ideas prácticas variarán cuando varíen las condiciones y

también si se considera, por ejemplo, el objetivo de reducción de la población de malezas en el largo plazo.

Otros cultivos, como la soja, presentan mayor susceptibilidad a la competencia pero exhiben una enorme plasticidad vegetativa y reproductiva, por lo que puede pensarse en reducir los controles químicos manejando los distanciamientos de siembra y haciendo un correcto manejo de barbecho.

¿Manejo a corto plazo o manejo a largo plazo?

En el marco presentado, las estrategias de manejo de las malezas, pueden ser a corto plazo o a largo plazo, las cuales deben integrarse adecuadamente. Las primeras buscan reducir el efecto negativo de las malezas en el ciclo presente de cultivo, es decir, buscan reducir principalmente la competencia. Para esto es necesario conocer los factores que afectan la competencia cultivo-malezas para modificar ese balance favoreciendo al cultivo.

Las estrategias a largo plazo tienen por objetivo reducir la presencia de las malezas en el lote de cultivo en una perspectiva mayor de tiempo, pero, a la vez, modificar la composición florística, reduciendo la proporción de aquellas que son más difíciles de controlar o que causan más problemas a los cultivos. En este sentido, el manejo a largo plazo, busca convivir con un nivel tal de enmalezamiento que sea compatible con una producción aceptable. Por este motivo, las estrategias que se apliquen a largo plazo son más de prevención o anticipación que de resolución del problema inmediato. Este manejo requiere del conocimiento de la bioecología de las malezas y la incorporación del concepto de “banco de semillas” o “banco de propágulos”.

El banco de semillas hace referencia a todas las semillas viables de malezas que hay en determinado momento en un lote de cultivo esperando a germinar e implantarse cuando las condiciones del ambiente (y de las propias semillas) lo permitan. Normalmente, después de un disturbio, por ejemplo una labranza o la cosecha de un cultivo, si se dan condiciones de humedad y temperatura adecuadas, se produce la emergencia de un gran número de las semillas que están en el suelo. Cuando hablamos de propágulos incluimos, además de las semillas, a otros órganos que también permiten la multiplicación de las malezas como, por ejemplo,

rizomas, estolones o bulbos. La cantidad de estos propágulos en el suelo es enorme, y la proporción de ellos que germina o brota luego de cada disturbio es casi insignificante, y ese banco de propágulos va creciendo en cada estación con las semillas u órganos de multiplicación vegetativa que producen las malezas que escapan al control. De la misma manera, se va reduciendo a través de las semillas que germinan, las que se deterioran, las que son consumidas por distintos animales.

Todas las decisiones de manejo que se toman en cada cultivo tienen un efecto sobre ese banco de propágulos que es necesario conocer para emplearlas adecuadamente. El manejo de las malezas a largo plazo se basa, entonces, en el manejo de este banco de propágulos.

Estrategias de manejo de malezas a corto plazo

En general, estas estrategias buscan modificar el uso de los recursos de modo que se favorezca al cultivo. Para esto, es necesario conocer los factores que modifican la relación competitiva cultivo-malezas.

En el siguiente grafico se citan las principales características del cultivo, del ambiente y de las malezas que deben ser consideradas al pensar el diseño de las estrategias de manejo de malezas (figura 25). Respecto al cultivo las prácticas de manejo que favorecen su desarrollo y capacidad de competir con las malezas coinciden con las que permiten alcanzar buenos rendimientos. De todas maneras, y pensando en las malezas, siempre deben considerarse modificaciones en algunos aspectos que permitan ventajas en el uso de recursos por el cultivo. Así, la combinación adecuada de fecha de siembra, arreglo espacial, tipo y forma de fertilización y elección del cultivar puede determinar menores necesidades de controles químicos durante el ciclo de cultivo. Existe abundante conocimiento acerca de la respuesta de los cultivos a estas prácticas y debe ser aplicada considerando el manejo de las malezas.

La planificación de las rotaciones puede ayudarnos a manejar la población de propágulos en el momento en que son más susceptibles o en el cultivo donde es más fácil hacerlo. El conocimiento de las malezas se ha incrementado sensiblemente, sobre todo para las malezas más difundidas y competitivas. Es

necesario que se difunda la información y se aplique adaptándola a las características particulares de cada región y para los diferentes cultivos, rotaciones y manejos.



Figura 25: Características a considerar del cultivo, maleza y ambiente para diseñar una estrategia de manejo.

El conocimiento de las formas posibles de control efectivo para las diferentes malezas es central ya que permite optimizar el tipo de control a realizar en la gran diversidad de situaciones que pueden plantearse.

De acuerdo con lo anterior, las estrategias de manejo a corto plazo buscarán modificar el uso de los recursos por el cultivo y las malezas. Las formas de control de malezas que pueden emplearse se pueden clasificar en culturales, mecánicas, químicas y biológicas.

El **control cultural** se refiere a todas las decisiones que

tomamos para favorecer el crecimiento del cultivo, por ejemplo, sembrarlo en una fecha óptima, hacer una buena preparación del suelo de modo que emerja rápida y uniformemente, usar una densidad de plantas y un arreglo espacial que favorezca una rápida cobertura del suelo ganándole a las malezas, controlar las otras adversidades que puedan afectarlo (como insectos y enfermedades). También se incluye aquí el uso de variedades o híbridos que presenten una mayor habilidad competitiva, es decir, que crezcan de una manera que compitan mejor con las malezas. Por ejemplo, algunos cultivares, por ser más precoces y cubrir antes el suelo, captan antes los nutrientes disponibles, el agua y la luz. Otros, por ser más altos o ramificar más, lo cual les permite interceptar más luz que las malezas.

El **control mecánico**, puede hacerse sólo si no se trabaja en sistema de siembra directa. Durante el barbecho, se puede hacer con discos y rastras, una vez sembrado el cultivo pero antes de su emergencia puede hacerse con una rastra de dientes liviana, y en post emergencia se pueden usar rastra de dientes, rastra rotativa y escardillo. Este tipo de control se usa cada vez menos, sin embargo, la generalización de la siembra directa en forma continua ha traído problemas con algunas malezas que han obligado a realizar algún tipo de labor mecánica para su control como casi única opción.

El **control biológico**, si bien existe como alternativa, aún no se ha difundido como herramienta en los cultivos extensivos ya que es dificultosa su aplicabilidad. La utilización de insectos fitófagos o patógenos presenta casos de aplicación muy específica de control. Las alternativas de este tipo de control van desde el control *clásico* que se basa en la introducción de enemigos exóticos naturales en áreas, donde anteriormente no estaban presentes, para el control de una maleza específica, el *augmentativo*, a través de la producción y liberación de enemigos naturales, que se presentan naturalmente en la zona de control pero no son efectivos por su abundancia. Otra variante sería el criterio *natural* que implica la manipulación de los enemigos naturales para lograr incrementar su impacto sobre las malezas. Un mecanismo ya desarrollado para incrementar el impacto de los enemigos naturales es ayudar a éstos a sobrevivir las condiciones adversas como las que se presenta en épocas invernales o de sequía.

En general, los patógenos de las plantas son los que ofrecen las mejores opciones para el control biológico aumentativo de las malezas, ya que algunos patógenos pueden producirse masivamente a bajo costo por vía de fermentación a escala industrial y ser vendidos comercialmente como micopláguicidas. Los insectos, por su parte, aunque al ser liberados en gran número pueden efectivamente dañar o destruir las malezas, son más complicados de manejar y son caros en su producción masiva.

El **control químico**, es el más ampliamente usado actualmente, pero muchas veces, mal usado. Tanto mejor va a ser nuestra decisión acerca de qué producto y cuándo aplicarlo cuanto mejor conozcamos el problema al que nos enfrentamos. En este caso eso significa saber qué especies de malezas, en qué cantidad y cómo están distribuidas, qué cultivo vamos a implantar y cómo se comporta frente a esa comunidad de malezas, en qué momento es más importante que no sufra competencia (período crítico de competencia) y en qué momentos es necesario y factible su control (períodos críticos de control temprano y tardío), qué herbicidas pueden ser aplicados en ese cultivo que controlen las malezas presentes y en qué estado de crecimiento del cultivo y de las malezas pueden o deben aplicarse. Es decir, el control químico de las malezas, para su aplicación adecuada, requiere de mucho conocimiento.

Existe un gran número de herbicidas que pueden agruparse por el grupo químico al que pertenecen o por su modo de acción. Estos herbicidas han sido utilizados de acuerdo a las recomendaciones y, por lo general, han sido efectivos para el control de las malezas en los principales cultivos. Sin embargo, su utilización sólo con un criterio de corto plazo ha producido numerosos problemas que van desde fallas en los controles, promoción de algunas malezas frente a otras, y resistencia a los herbicidas.

Existen varias formas de clasificar los herbicidas siendo las más comunes según la forma de uso, sus propiedades químicas y su modo de acción. Los herbicidas se pueden aplicar al follaje o al suelo. Los que se aplican al follaje y afectan solamente la parte tratada se describen como herbicidas de contacto y los que son translocados del follaje hacia un sitio de acción en otro lugar de la planta se denominan herbicidas sistémicos. Estos herbicidas según su selectividad pueden ser totales afectando a todas las malezas o

ser efectivos sobre algún grupo de malezas como las gramíneas, latifoliadas, cyperáceas o varias de ellas.

Los herbicidas aplicados al suelo comúnmente afectan la germinación de las semillas de malezas, aunque algunos tienen efecto sobre plantas pequeñas. Estos herbicidas se caracterizan por persistir por algún tiempo en el suelo y para ser efectivos necesitan movilizarse con el agua o labores. y se denominan herbicidas residuales. Algunos herbicidas residuales tienen acción de contacto y afectan las raíces y los tallos en la medida en que emergen de la semilla, mientras que otros entran en la raíz y las partes subterráneas de la planta y se translocan a su punto de acción.

Los herbicidas foliar y los aplicados al suelo se clasifican en función del momento de aplicación y del desarrollo del cultivo. De acuerdo a esto podemos tener los siguientes tratamientos:

Pre-plantación, cuando se aplican antes de la plantación del cultivo.

Pre-plantación incorporada, se aplican al suelo antes de la plantación del cultivo y de la emergencia de las malezas y requieren su incorporación.

Pre-emergencia, se aplican antes de la emergencia de las malezas y generalmente del cultivo.

Post-emergencia se aplican después con el cultivo y las malezas emergidas.

Existen otras formas de aplicación como las aplicaciones de post-emergencia dirigidas que suelen utilizarse con herbicidas totales, pero evitando que el herbicida llegue al cultivo.

La clasificación de acuerdo a las **propiedades químicas** y el **modo de acción** es importante y el fundamento para comprender el funcionamiento y la sintomatología del herbicida en la planta y el ambiente. Existen un gran número de herbicidas diferenciados por su estructura química y su modo de acción y su conocimiento permitiría mejorar las prácticas de control y evitar efectos ambientales no deseados.

La consideración del control químico como una alternativa más en un esquema de manejo de malezas que abarque todas las variables mencionadas que afectan al cultivo permitirá lograr sistemas más sustentables de manejo.

Estrategias de manejo a largo plazo

La evolución de las poblaciones de malezas es el resultado de la manipulación del ambiente para el proceso de producción. El manejo de malezas pensando en el largo plazo debe incorporarse al diseño de las prácticas específicas para cada cultivo, en las rotaciones y el barbecho.

Los cuatro tipos de control vistos (cultural, mecánico, químico y biológico) tienen, a su vez, efectos a corto plazo reduciendo la competencia, y efectos a largo plazo ya que reducen la producción de semillas o de órganos de multiplicación vegetativa de las malezas y, por lo tanto, el banco de propágulos.

El control químico, en muchas ocasiones no se efectúa solamente para controlar las malezas que van a competir con el cultivo que se va a implantar o con el cultivo presente, sino que se aprovechan ciertas oportunidades para reducir la población de especies que afectan otros cultivos en los cuales su control es difícil o no es posible. Para esto se aprovechan las rotaciones. Por ejemplo, en los cereales de invierno es difícil el control de malezas gramíneas porque pertenecen a la misma familia botánica y los herbicidas que controlan gramíneas afectan al mismo tiempo al cultivo y a las malezas. Si en la rotación incluimos un cultivo también de ciclo invernal, pero de otra familia, como por ejemplo la colza, que es una crucifera, podremos controlar más fácilmente las malezas gramíneas en este cultivo y, en otro ciclo se podrá implantar un cereal en un lote con menor infestación de malezas gramíneas.

Algunas tecnologías que se fundamentan con otros objetivos, pueden ser también útiles para lograr efectos de regulación de crecimiento y propagación de las malezas. Entre estas se pueden mencionar los cultivos consociados o policultivos, los cultivos de cobertura y la fertilización.

El diseño de sistemas con policultivos o cultivos de cobertura permiten disminuir la germinación y crecimiento de las malezas cuando se combinan con controles y rotaciones adecuadas.

Los policultivos que comprenden especies y variedades que tienen un follaje que se forma rápida, vigorosa, densa y prematuramente sobre la superficie del suelo, son particularmente eficaces para reducir el crecimiento de malezas. Por otro lado, existe

variabilidad en las disposiciones espaciales de un cultivo y las fertilizaciones.

Se ha propuesto que los policultivos reducen los efectos de las malezas por la mayor eficiencia en el uso de los recursos prioritarios. Los avances en el manejo de malezas requieren amplias bases de conocimiento agroecológico básico y aplicado. En los planteos deben considerarse los beneficios y perjuicios asociados a la presencia de malezas en las diferentes etapas de la evolución de cada sistema productivo. Los planteos de manejo deberían considerar las características biológicas, ambientales, y sociales de los agroecosistemas y diseñarse conjuntamente con los productores agrícolas y otros actores sociales del medio productivo.

- ✓ Conocer el lote en el cual se va a trabajar: saber cuáles son las malezas presentes, sus características, en qué cantidad se encuentran, cómo están distribuidas.
- ✓ Establecer un manejo de las mismas que incluya medidas a corto plazo (para minimizar la competencia con el cultivo y pérdidas de rendimiento importantes) y a largo plazo (para reducir la población de las malezas más problemáticas a lo largo del tiempo, manteniéndolas en niveles aceptables).
- ✓ Implementar siempre medidas de control cultural: rotación de cultivos, manejo de las variables de siembra (fecha, densidad, elección de la variedad), manejo de los nutrientes, etc.
- ✓ Usar el control químico racionalmente, existen múltiples oportunidades de aplicación y tipos de herbicidas. Es necesario conocer las mejores y más eficientes y efectivas formas de utilizarlos y no debe aplicarse siempre la misma receta.
- ✓ Aplicar diferentes formas de control (cultural, química, mecánica, biológica) de manera integrada.
- ✓ El mejor resultado se va a obtener cuando mejor se conozca el sistema productivo que se está manejando: hay que ser observador.

CORRECTA APLICACIÓN Y MANIPULACIÓN DE PLAGUICIDAS

La intoxicación de los seres humanos con plaguicidas se puede producir de múltiples maneras:

- Pueden haber consumido alimentos contaminados, es decir, que contienen residuos de plaguicidas
- Pueden haber quedado expuestos a estos productos por estar presentes en agua o aire que han sido contaminados
- Pueden haber sido expuestos directamente a una aplicación (realizada en un sitio no permitido o en un sitio o en momento inadecuado, o mal hecha)
- Pueden haber manipulado estos productos durante su manufacturación, embalaje o transporte
- Pueden haber sido quienes aplicaron estos productos y no tomaron las medidas de protección necesarias
- Pueden haber sido expuestos a partir de una mala disposición de los envases que contenían los plaguicidas.

Es decir, las vías de contaminación son múltiples y, en algunos casos, difíciles de prevenir en forma individual. Sin embargo, para aquellos que habitualmente manipulan estos productos es necesario que tomen conciencia de la importancia de tomar las medidas de protección requeridas y es sobre esto que tratarán los siguientes párrafos.

¿Cómo se compone el equipo de protección para aplicar plaguicidas?

Se compone de:

1. Casco de protección o gorra de tela
2. Protección de los ojos
3. Máscara anti-polvo o antigás ligera
4. Vestido entero de trabajo con perneras ajustadas al borde
5. Guantes largos de caucho o plástico
6. Delantal de plástico o caucho
7. Botas con puntera de protección

Ese equipo debe usarse siempre que se esté manipulando los plaguicidas, tanto durante la aplicación como en la preparación de

los equipos para la misma y el lavado posterior y disposición de los envases.



Figura 26: Esto es un ejemplo de lo que NO debe hacerse

¿Todos los plaguicidas son igualmente peligrosos?

No. Para reconocerlos, en el marbete, es decir la etiqueta del envase de cada producto se da la información necesaria. El marbete indica de qué producto se trata, para qué se usa, fecha de vencimiento, y no sólo indica cuál es la peligrosidad del plaguicida, también da otros datos relacionados con medidas de precaución generales, los riesgos ambientales de ese plaguicida, cómo debe almacenarse, cómo debe disponerse del producto remanente o del caldo una vez preparado, cómo disponer o destruir los envases vacíos, cuáles son los síntomas de intoxicación y los primeros auxilios de ser necesarios, y también una serie de contactos para consultar en caso de intoxicación.

Con relación al peligro, existe una clasificación de los plaguicidas según su toxicidad, que los identifica con números romanos, con colores y con símbolos, y que están presentes en los marbetes de cada producto para que quien los manipula conozca el peligro. De todos modos, aún cuando el plaguicida pertenezca a la categoría IV, de color verde, el símbolo dice "Precaución" indicando que si bien es menos tóxico que otros, igualmente es peligroso y debe manejarse con precaución. A continuación se muestra la clasificación mencionada (Figura 27).

- ✓ Rechazar plaguicidas con el envase deteriorado o sin etiqueta.
- ✓ Las aplicaciones deben estar sustentadas en recomendaciones técnicas emitidas por profesionales o personas capacitadas.
- ✓ Guardar los plaguicidas y coadyudantes en sus envases originales, así como sus sobrantes después de una aplicación.
- ✓ Contar con números de teléfonos de emergencia (hospital, médico); que deben verificarse y actualizarse permanentemente.
- ✓ Todos los plaguicidas y coadyudantes deben aplicarse siguiendo las instrucciones de la etiqueta original.

- ✓ Buen estado operativo del equipo de pulverización (bombas, manómetros, picos, pastillas, etc.)
- ✓ El equipo de protección personal y de aplicación debe estar en buenas condiciones, mantenerse limpio y libre de fugas durante la aplicación.
- ✓ Se deben evitar las condiciones ambientales extremas de alta temperatura, baja humedad relativa y vientos fuertes. Evitar aplicar entre las 11:30 h y 16:30 h, ya que a esas horas el sol es bastante fuerte y el producto se evaporará.
- ✓ La dirección del viento debe ser contraria a centros urbanos, escuelas, hospitales, producciones apícolas, viviendas, para evitar que se produzcan derivas hacia esas zonas
- ✓ La aplicación de plaguicidas debe ser efectuada por personas que estén capacitadas para tal fin.

¿Qué precauciones se debe tomar con respecto a la manipulación de los plaguicidas?

Deben cuidarse las distintas etapas en las cuales pueden producirse intoxicaciones de los operarios o haya riesgo de que el producto pueda producir contaminación. El almacenamiento de los productos fitosanitarios se debe realizar guardando todas las precauciones de seguridad necesarias como para prevenir efectos indeseados para las personas o para el ambiente. También es 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). Se debe poner especial atención en todos los temas relacionados con la salud del trabajador. Es muy importante, la prevención, indicando al trabajador el riesgo de estos productos fitosanitarios, capacitándolo y entrenándolo en su manejo.

También es importante la protección del ambiente, para ello se debe realizar una correcta calibración de los equipos de aplicación priorizando momentos con 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. Es necesario conseguir una elevada eficiencia en las aplicaciones de productos fitosanitarios.

Debe respetarse el triple lavado de los envases y evitar la quema de los mismos enviándolos a centros de reciclado al igual que cualquier otro material plástico como, por ejemplo, bolsas para silo (figura 29).

Y ¿Cómo se puede proteger a los consumidores?

Para ello, cuando se aplica un plaguicida, 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

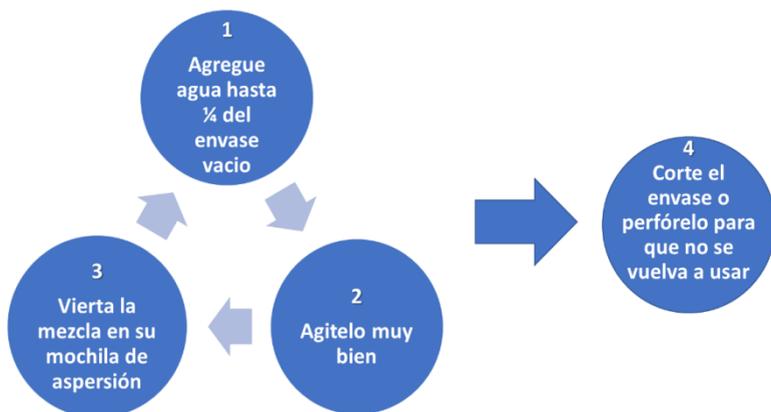
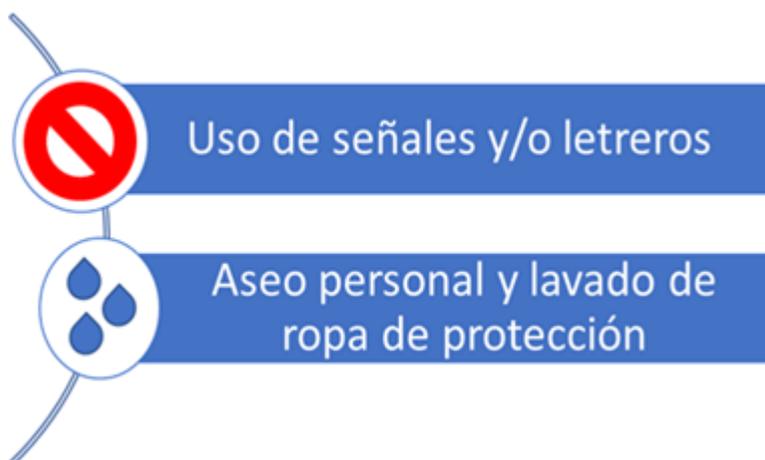


Figura 29: Triple lavado: realizar tres veces los pasos 1, 2 y 3

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. 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 las aplica en concentraciones también menores y en lugar de tener un amplio espectro de control son cada vez más específicas, controlando sólo a las plagas objetivo sin afectar al resto.



BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

- Álvarez C. & H. Rimski-Korsakov. 2016.** Abonos Orgánicos. Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Capítulo 13: 134-138
- Alvarez Roberto. 2006.** Materia orgánica. Valor agronómico y dinámica en los suelos pampeanos. Ed. Facultad Agronomía UBA. p 206
- Andrade F.H. & V.O. Sadras. 2000.** Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Editorial Médica Panamericana S.A. 443 p.
- Aso, P.J. & Bustos V.N. 1991.** Uso de residuos orgánicos, estiércol y chaza, como abonos orgánicos. Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Argentina. Centro de Información Bioagropecuaria Forestal (CIBAGRO)
- Biolur. 2012.** Asociación de Agricultura Ecológica de Gipuzkoa. Disponible en: http://www.biolur.net/documentos/descargas/Guia_de_compostaje_fi_nal_cast.pdf. Ultimo acceso: Agosto 2017.
- Ciampitti I.A. & F.O. García. 2008.** Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas. Revista Horizonte A. Año IV, No. 18, Febrero 2008. pag. 22-28. Buenos Aires, Argentina.
- Cobbe, R. 1998.** Capacitación Participativa en el Manejo Integrado de Plagas (MIP): Una Propuesta para América Latina. FAO, Roma.
- Conti Marta. 2005.** Principios de edafología, con énfasis en suelos argentinos. Ed Facultad Agronomía UBA, 2º ed.
- Darwich Nestor. 2006.** Manual de fertilidad de suelos y uso de fertilizantes. 3ra ed. Mar del Plata. Arg.
- Darwich, N. 1983.** Niveles de fósforo asimilable en los suelos pampeanos, IDIA, 409-412. Enero-Abril, pág. 1-5.
- Darwich, N. 1994.** Los sistemas mixtos y la fertilidad de los suelos. 2do Simposio Tecnológico AACREA, Bs. As. 29-30 sept. 1994, pág. 1 a 10.
- Del Pino, A.; C. Repetto; C. Mori & C. Perdomo. 2008.** Patrones de descomposición de estiércoles en el suelo. Terra Latinoamericana, vol. 26, núm. 1, pp. 43-52. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- Di Castri F. 2001.** Vivir la transición postindustrial: la adaptación al cambio en Argentina. En: Los desafíos de la agricultura en un complejo mundo globalizado. Aapresid, Mar del Plata. pp. 15-25.

- Echeverría H.E. & F.O. García 2005.** Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Balcarce, Ediciones INTA. 525 p.
- FAO. 2002.** Conservation Agriculture, Case Studies in Latin America and Africa. FAO Soils Bulletin 78. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 2002.
- FAO. 2004a.** Las buenas prácticas agrícolas. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Enero 2004.
- FAO. 2004b.** Conferencia Electrónica: Las buenas prácticas agrícolas (BPA), En búsqueda de la sostenibilidad, competitividad y seguridad alimentaria. 19 de julio - 9 de agosto de 2004. Disponible en www.rlc.fao.org/foro/bpa/private.htm.
- FAO. 2004c.** Gap working paper series. Good Agricultural Practices – a working concept Background paper for the FAO Internal Workshop on Good Agricultural Practices. Rome, Italy 27-29 October 2004.
- FAO.** Departamento de Agricultura y protección del consumidor. Agricultura de Conservación. Disponible en <http://www.fao.org/ag/ca/es/1b.html>
- Foro de la Cadena Agroindustrial (FCAA). 2005.** Buenas Prácticas Agrícolas: Diagnóstico y propuestas del primer eslabón. Octubre de 2005.
- Gange, J.M. 2016.** Cama de pollo en Entre Ríos. Aportes para su uso y manejo. Ediciones INTA. Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay. Centro Regional Entre Ríos.
- García, F. 2001.** Balance de fósforo en los suelos de la región pampeana. Informaciones Agronómicas Nº 9, pág. 1 a 3
- 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 pp 60-65. **Gómez R. y Hubbe S. 2001.** Manual de Buenas Prácticas Agrícolas y de manejo y empaque, para frutas y hortalizas. INTA. Mendoza.
- González V. & F. Pomares. 2008.** La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE).
- Grupo Medio Ambiente INTA EEA Pergamino. 2010.** Guía de buenas prácticas para el manejo de nutrientes (N y P) en la Pampa Ondulada. Desarrollo de índices de riesgo de contaminación por N y P. A Andriulo (coord.) 65 pp.
<http://www.edafologia.net/introeda/tema00/progr.htm>

Igarzábal, D. 2004. Nuevos servicios agropecuarios: el monitoreo de plagas. 12° Congreso de Aapresid “La hora del Empowerment”. Rosario. Aapresid. 2004.

INTA.

IPNI. 2008. A Global Framework for Best Management Practices for Fertilizer Use. IPNI Fertilizer BMP and Nutrient Use Efficiency Working Group. Marzo de 2008.

IPNI. 2008. Informaciones Agronómicas del Cono Sur Junio de 2008 N°38. Un marco global para las mejores prácticas de manejo (MPM) de los fertilizantes. Tom W. Bruulsema, Christian Witt, Fernando García, Shutian Li, T. Nagendra Rao, Fang Chen y Svetlana Ivanova. IPNI - Grupo de Trabajo de MPM.

ISGA (International Soybean Growers Alliance). 2007. BMP Handbook. ISGA meeting. November 2007.

Klein R. 2013. Cultivos de cobertura: Un puente para el nitrógeno. Informaciones agronómicas de Hispanoamerica. No-11. 7 pp.

Kruger, H. y Quiroga, A. 2012. La “interfase suelo-atmósfera” y su valor estratégico en regiones semiáridas. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. INTA EEA Anguil. Cap. 01, pág. 5 y 6.

Kuo, S., 1996. Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods. Soil Science Society of America, Inc., Ed. Bigham J. M., Chapter 34. 961-1009

L.A Richard. 1994. Diagnostico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Laboratorio de salinidad de los E.U.A. Noriega Editores. 8va reimpresión. México

Lorenzatti S. 2003. La rotación de cultivos: Una herramienta poco utilizada. Revista técnica: Conociendo el suelo en siembra directa. Aapresid. 21

Lorenzatti S. 2006. Factibilidad de implementación de un certificado de agricultura sustentable como herramienta de diferenciación del proceso productivo de Siembra Directa. Tesis de Maestría en Agronegocios. Universidad de Buenos Aires. pp 47-53 y 71-80.

Malvicino G. 1998. Sistema de Certificación de Productos Agrícolas Diferenciados. En: Carpeta Seminario-Taller: Prevención del riesgo de contaminación agrícola. Bs.As. 1998.

Mazzarino M.J., P. Satti & L. Rosellí. 2012. Compostaje en la Argentina: experiencias de producción, calidad y uso.

- Ordoñez, H. 2002.** La calidad y los agroalimentos. En: Apuntes del Programa de Agronegocios y Alimentos. FAUBA.
- 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. pp 57-60.
- Pereira, M. H. 2002.** Un buen trabajo. En: Actas del X Congreso de Aapresid. Rosario.
- Perla Imbellone; Jorge Eloy Gimenez y Jose Panigatti. 2010.** Suelos de la Región Pampeana. Procesos de formación. Ed. INTA. Bs As.
- Porta J, Lopez Acevedo M y Roquero C. 2003.** Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed Mundi-Prensa. 3º ed. p 929.
- Prystupa P. 2007.** Tecnología de la fertilización de cultivos extensivos en la Región Pampeana. Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 224 p.
- Román, P., Martínez M. & Pantoja A. 2013.** Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Roundtable on Sustainable Biofuels (RSB). 2008.** Background Paper 1 for the Expert Panel on Soils. Disponible en <http://cgse.epfl.ch/page65660.html>.
- Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO). 2007** Principles and Criteria for Sustainable Palm Oil Production. October 2007. Disponible en www.rspo.org.
- Rountable on Responsible Soybean (RTRS). 2008.** Principles and Criteria for Sustainable Soybean production. Disponible en www.responsiblesoy.org.
- 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. pp 75-78.
- Schoeneberger P. Wysocki D., Benham y W. Broderson. 2000.** Libro de campaña para descripción y muestreo de suelos. (traducción). Argentina
- Solbrig, O. T. 2002.** El impacto ambiental de la agricultura pampeana: reflexiones en relación a la crisis. Rosario: Actas del X Congreso de Aapresid.

Viglizzo, E. & L. Carreño. 2007. Provisión de servicios ecológicos y gestión de los ambientes rurales en Argentina. Área estratégica de Gestión Ambiental.

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

www.senasa.gov.ar

Este manual aporta conocimiento básico sobre la implementación de buenas prácticas agrícolas en cultivos extensivos: siembra directa, rotaciones (diversificación de cultivos), el manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas, el correcto manejo de los fertilizantes y fitosanitarios, entre otras.

ISBN 978-987-42-5392-7

