

## VI. MANEJO DE SUELOS

Roberto Docampo<sup>1</sup>

### A) MANEJO DE SUELOS Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PARA CEBOLLA EN LA ZONA SUR

#### VI. 1 INTRODUCCIÓN

La producción vegetal, particularmente la intensiva como la de cebolla, presenta dos factores primordiales a tener en cuenta para lograr producciones altas tanto en cantidad como en calidad, la elección del suelo y su manejo. A la vez, la inserción del cultivo de cebolla en el esquema o sistema de producción predial, debe prestar especial consideración a la preservación de los recursos naturales y el medio ambiente, lo que permitirá la sustentabilidad de los niveles productivos y mayor valor agregado en virtud de obtener un producto “amigable” con el medio ambiente como demandan los mercados actualmente.



**Figura 1.** Campo Experimental de Sistemas de Producción Sostenible. Módulo de rotaciones de INIA Las Brujas.

<sup>1</sup> Ing. Agr. Dr., Sección Suelos , Riego y Agroclimatología. INIA Las Brujas.

Una producción sustentable (económica, social y ambiental) involucra aspectos apremiantes como los vinculados con las variables medioambientales: erosión, pérdida de materia orgánica, balance negativo de nutrientes, reducción de la biodiversidad y también los efectos sociales.

Si lo comparamos con otros vegetales, el cultivo de cebolla remueve cantidades moderadas de nutrientes desde el suelo. Estos nutrientes, sin embargo, deben ser absorbidos desde un pequeño volumen de suelo. La cebolla posee un sistema radicular fasciculado consistente en raíces secundarias no ramificadas que son frecuentemente perdidas y reemplazadas durante el ciclo (ver Capítulo II). Por lo tanto, los requerimientos de agua y nutrientes del cultivo deben ser suplidos desde un relativamente pequeño volumen de suelo, requiriendo un manejo cultural intensivo.

La cebolla prefiere suelos sueltos, sanos, profundos, ricos en materia orgánica, de consistencia media y no calcáreos.

En adición, es fisiológicamente sensible a las influencias ambientales que afectan sus procesos (vernalización, bulbificación y otros), las interacciones de humedad y fertilidad con esas condiciones ambientales afectan significativamente la respuesta de la planta.

Tiene un alto índice de cosecha (de toda la masa vegetal producida un alto porcentaje se retira) por lo cual los nutrientes exportados varían directamente con el rendimiento (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Exportación de nutrientes en dos cultivares de cebolla. Sobre un Brunosol subeútrico en la Región Sur del Uruguay. R. Docampo, 2004, datos sin publicar.

Variedad	Rendimiento t/ha	Hojas (kg/ha)			Bulbo (kg/ha)		
		N	P	K	N	P	K
Granex 33	38	35	4	46	40	12	46
Granex 33	26	8	1	10	26	3	31
Pantanosos del Sauce	43	64	10	98	68	17	103
Pantanosos del Sauce	29	14	3	27	49	10	58

N: Nitrógeno, P: Fósforo, K: Potasio

El laboreo comprende las diversas actividades mecánicas sobre el suelo con el fin de hacerlo más apto para la germinación de la semilla y el crecimiento de las raíces del plantín.

Es importante desde el punto de vista económico ya que incide directamente en mayor o menor medida en los costos de producción. Por lo tanto, al ajustar el número y la intensidad de los trabajos realizados para preparar la tierra al mínimo compatible con buenos rendimientos, puede resultar en una reducción importante de los costos de instalación de los cultivos, así como una preservación de la calidad del suelo.

La preparación del suelo tiene tres objetivos fundamentales:

- Aflojar la capa superior para permitir un buen contacto entre la semilla y el suelo, y favorecer el desarrollo de las raíces.
- Destruir la vegetación existente para eliminar la competencia entre ella y las plantas sembradas.
- Mezclar los residuos vegetales del suelo para favorecer su descomposición e integración al mismo.

Las actividades mecánicas a que se somete el suelo durante su preparación modifican algunas de sus propiedades físicas y químicas. Las más importantes son:

\* La condición física del suelo:

- *Mullido*, término que engloba las condiciones de microrrelieve, porosidad, densidad y tamaño, distribución y estabilidad de los agregados (terrones). El mismo es afectado por el impacto de las gotas de lluvia, el desecamiento y humedecimiento y el pasaje de maquinaria.
- *Dinámica del agua*. El laboreo puede incidir marcadamente sobre el agua del suelo a través de su efecto en la infiltración, escurrimiento superficial, acumulación en superficie e interna y disponibilidad para las plantas.
- *Dinámica del aire*. Es necesario un intercambio continuo entre el aire del suelo y la atmósfera de forma de permitir la respiración de las raíces y los microorganismos del suelo, que consume oxígeno y libera anhídrido carbónico. Ese intercambio se da principalmente por difusión a través de los poros del suelo llenos de aire. La relación poros con aire y poros con agua varía con el contenido de agua del suelo. En un suelo moderadamente seco hay gran proporción de poros con aire, en tanto en un suelo anegado tiene casi todos sus poros llenos de agua.
- *Temperatura*. La temperatura del suelo afecta el desarrollo de los cultivos, su rendimiento y su estado nutricional. Ella puede ser afectada por el laboreo a través de modificaciones en la densidad, el contenido de humedad, el microrrelieve y los residuos en superficie. Por ejemplo, el suelo suelto tiene generalmente una mayor diferencia entre las temperaturas máximas y las mínimas, y varía más lentamente su temperatura respecto a la temperatura del aire que un suelo compactado.
- *Resistencia a la penetración de las raíces*. Normalmente las raíces de las plantas pueden ejercer una fuerza bastante grande para penetrar el suelo, pero este puede oponer impedimentos físicos (poros pequeños y rígidos) y fisiológicos (deficiencia de oxígeno). El desarrollo de las raíces se ve favorecido por el laboreo al aumentar la porosidad y mejorar la aireación.

\* Disponibilidad de nitrógeno (N):

- El nitrógeno del suelo proviene de la atmósfera ya que los minerales no lo contienen en cantidades apreciables. El N gaseoso es fijado por microorganismos que viven libres en el suelo o que actúan en simbiosis con las leguminosas. La fuente de N para las plantas entonces es la descomposición de la materia orgánica, proceso que realiza la numerosa y compleja población microbiana del suelo.

Muchos de los factores que afectan la actividad microbiana son modificados por el laboreo, por tanto, la disponibilidad de N es un factor que debemos tener en cuenta cuando se trabaja la tierra.

## VI. 2 PREPARACIÓN DE LA SEMENTERA

La sementera o “cama de semilla” es la capa de suelo preparada por medio de las labores mecánicas y destinada a albergar la semilla, promover su germinación y facilitar el desarrollo de las raíces. En el cultivo de cebolla podríamos hablar también de “cama de raíces” cuando realizamos la preparación del área de trasplante.

Los requerimientos básicos de una u otra sementera son:

- ▶▶ Permitir una infiltración rápida y retener satisfactoriamente el agua de lluvia.
- ▶▶ Permitir una aireación suficiente en base a una buena capacidad para el aire y una tasa alta de intercambio gaseoso con la atmósfera.
- ▶▶ Ofrecer poca resistencia a la penetración de las raíces.
- ▶▶ Tener una buena distribución de los residuos orgánicos.
- ▶▶ Resistir la erosión.

La profundidad de la labor preparatoria varía según las características del suelo. En suelos compactos la profundidad debe ser mayor que en los sueltos, sin ser tampoco demasiado profunda (30-35 cm), por la corta longitud de las raíces. Se debe tender al laboreo vertical con arado cincel, o arado de discos, procurando evitar la inversión completa de grandes bloques de suelo como se puede producir con el tradicional arado de rejas. Hasta la siembra o plantación se completa con pasadas de rastra de discos necesarias, normalmente dos, para conseguir finalmente un suelo de estructura fina y firme.

En los suelos franco limosos, así como en los más pesados, se requiere un buen mullido para facilitar el trabajo, buen drenaje y aireación.

Los suelos de textura liviana (arenosos o franco arenosos) pueden trabajarse prácticamente en cualquier momento ya que no es necesario esperar una buena granulación que facilite el trabajo.

La preparación que se realice para controlar las malezas dependerá del problema específico que éstas causen.

### **VI. 2. 1 Laboreo primario**

El laboreo primario tiene como objetivos la roturación de suelo, enterrar los residuos y desperdicios, eliminar las malezas, y aflojar la capa arada.

El arado de cincel se emplea como herramienta de laboreo primario, y es recomendable tender a su mayor uso pues siempre que el suelo no esté demasiado húmedo, el cincel afloja y desmenuza la capa arada. Presenta las siguientes ventajas:

- Es más rápido que el arado común
- Requiere menor fuerza del tractor
- En suelos arcillosos no produce una masa pegajosa difícil de trabajar.
- Deja los residuos en superficie

No es eficaz si el suelo está muy húmedo y en terrenos infestados con gramilla.

En caso de la plantación en canteros, es recomendable levantar los mismos con suficiente antelación para que los procesos naturales sean los que “trabajen” en la desagregación y acondicionamiento del suelo. Se sugiere el uso de encanterador de discos, con una correcta sistematización que evite la necesidad de profundizar más allá del horizonte superficial (horizonte A) del suelo. Es decir, unos 20-25 centímetros de profundidad en la mayor parte de los suelos de la región sur.

### **VI. 2. 2 Laboreo secundario**

El laboreo secundario tiene por objetivos romper los terrones, aflojar y alisar la sementera, y eliminar residuos, pastos y malezas.

Como equipos más comúnmente usados en el laboreo secundario se pueden mencionar la rastra de discos, rastra de dientes, cultivador de campo y rolo desterronador. La utilización de uno u otro dependerá de la disponibilidad, y del tipo y estado del suelo. Al igual que para los canteros, se sugiere realizar las tareas con suficiente antelación para que sean los procesos naturales que realicen la preparación del suelo y se reduzca lo más posible el uso de herramientas, con los consiguientes beneficios tanto desde el punto de vista ambiental como económico.

## VI. 3 MANEJO SUSTENTABLE DEL SUELO

Para un manejo sustentable del suelo es preciso entender algunos principios básicos que rigen el comportamiento del suelo. Estos son los siguientes:

- El suelo no solamente es soporte de la vegetación, sino algo dinámico, con una vida propia que se debe conocer, cuidar y respetar.
- El suelo es un sistema de complejas interrelaciones entre sus componentes físicos, químicos y biológicos, por lo tanto la modificación de uno de ellos trae consigo una alteración del suelo en su conjunto. Si se maneja inadecuadamente las consecuencias pueden ser inesperadas y adversas, si se maneja racionalmente y con visión de sistema se podrán lograr resultados altamente positivos.
- Ampliar el concepto de fertilidad del suelo, el cual no debe restringirse sólo a la fertilidad química, sino también a la biológica. Un constituyente valioso e irremplazable para lograr esta fertilidad global del suelo es la materia orgánica.
- Manejar eficientemente los nutrientes del suelo tendiendo al reciclaje de ellos.
- Asegurar la protección del suelo evitando o minimizando la exposición directa de éste a la acción de los factores climáticos.
- Asegurar permanentemente la conservación del agua y del suelo.
- Saber manejar y no deteriorar la flora y fauna benéfica del suelo (bacterias, hongos, lombrices, etc.).
- Procurar aprender y entender las prácticas tradicionales de manejo del suelo, rescatando aquellas que tengan un enfoque de cuidado del suelo y el medio ambiente.
- En su mayor parte, las medidas que contribuyen a la recuperación de las condiciones favorables del suelo, contribuyen a la sanidad vegetal.

### VI. 3. 1 Algunas prácticas de manejo sustentable del suelo

#### *VI. 3. 1. 1 Medidas de conservación*

La base de todo programa de conservación es la adecuada distribución de los cultivos en el predio, por lo que es imprescindible la sistematización del mismo, que tiene como objetivos el ordenamiento del agua excedente para detener y/o evitar la erosión, y la mejor utilización del suelo y el agua.

Las opciones técnicas varían en cada caso: sembrar cortando la pendiente para disminuir la velocidad de escurrimiento del agua, hacer cultivos en curvas de nivel, o combinar fajas de cultivo de invierno con fajas de cultivos de verano, instalar terrazas o bordes de tierras que actúan de barrera para frenar y conducir los excedentes del agua de lluvia.

Los canales de desagüe se deben sembrar con especies forrajeras para evitar que el agua los erosione.

La aplicación correcta de esas técnicas permite la captación de mayor cantidad de agua de lluvia y la derivación del agua sobrante sin perder suelo. La sistematización del suelo es una de las técnicas agronómicas de mayor impacto en campos con pendientes importantes, y su aplicación repercutirá en aumento de rendimientos.

### **VI. 3. 1. 2 Aporte regular de materia orgánica**

La materia orgánica del suelo está formada por los restos descompuestos y/o en descomposición de las plantas y animales muertos que se van integrando al suelo. Al incorporarse actúa como cemento entre las partículas del suelo, por lo que ayuda a darle estructura al mismo, característica esencial que define su capacidad productiva. La disminución en la materia orgánica provoca la separación de las partículas, la desaparición de parte del espacio poroso y la compactación. De esa manera, la pérdida de materia orgánica reduce las condiciones propicias para la existencia de vida en el suelo.

La materia orgánica del suelo cumple diversas funciones tales como:

- Ayuda a retener el agua de lluvia.
- Protege al suelo del impacto erosivo de la lluvia.
- Disminuye el problema del escurrimiento.
- Disminuye el encostramiento.
- Mejora la aireación.
- Facilita el laboreo.
- Es fuente de nutrientes.
- Favorece la vida de los microorganismos que se alimentan de ella y hacen disponibles a la vez, los nutrientes necesarios para el desarrollo de los cultivos.

Si un suelo tiene poca cantidad de materia orgánica produce menos, por lo tanto, debemos preocuparnos por mantener e incluso aumentar la cantidad.

Para ello **es aconsejable:**

- ▲ Incluir en la secuencia cultivos que aporten grandes volúmenes de rastrojos.
- ▲ Mantener los rastrojos en superficie.
- ▲ Utilizar implementos que no entierren en demasía el rastrojo.

- ▲ Picar el rastrojo para acelerar la descomposición y tener nutrientes disponibles cuando los cultivos lo exijan.
- ▲ En secuencias con poco aporte de rastrojos, intercalar abonos verdes.
- ▲ Realizar el menor número de laboreos posible.

### **VI. 3. 1. 3 Abonos y Fertilizantes Orgánicos**

Los abonos orgánicos están constituidos por desechos de origen animal, vegetal o sus mezclas que se añaden al suelo con el objetivo de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas. Pueden ser desechos orgánicos con algún proceso de transformación (compost, lombricompost, etc.) o sin él (estiércol animal, desechos agroindustriales, etc.), que se incorporan al suelo para mantener y/o mejorar su nivel de materia orgánica.

Son diversos los autores que han confirmado que la utilización de cualquier abono orgánico aumenta la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) del suelo (disponibilidad de nutrientes para las plantas), la porosidad y la aireación, disminuyendo el encostramiento en la superficie.

Al igual que con los fertilizantes minerales, para la aplicación de los materiales orgánicos se deben tener en cuenta los requerimientos de nutrientes de los cultivos, el potencial de degradación del medio ambiente, y posibles efectos sobre la salud del hombre y animales.

El estiércol animal y los desechos biológicos sólidos pueden proporcionar fertilizantes eficaces y seguros si son tratados y manejados de manera adecuada. Si no se aplica tratamiento alguno o si el mismo es inadecuado, el riesgo de contaminación de los productos con microorganismos nocivos es extremadamente elevado.

Sin bien en nuestro país es potencialmente bajo el peligro, es necesario tener presente que además de los riesgos de contaminación microbiana, el uso de desechos biológicos sólidos conlleva riesgos químicos tales como metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos. Estos materiales pueden acumularse hasta concentraciones dañinas para el crecimiento de las plantas.

#### **Estiércol**

Los estiércoles son los excrementos de los animales que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que consumen. Generalmente entre el 60 y 80% de lo que consume el animal lo elimina como estiércol.

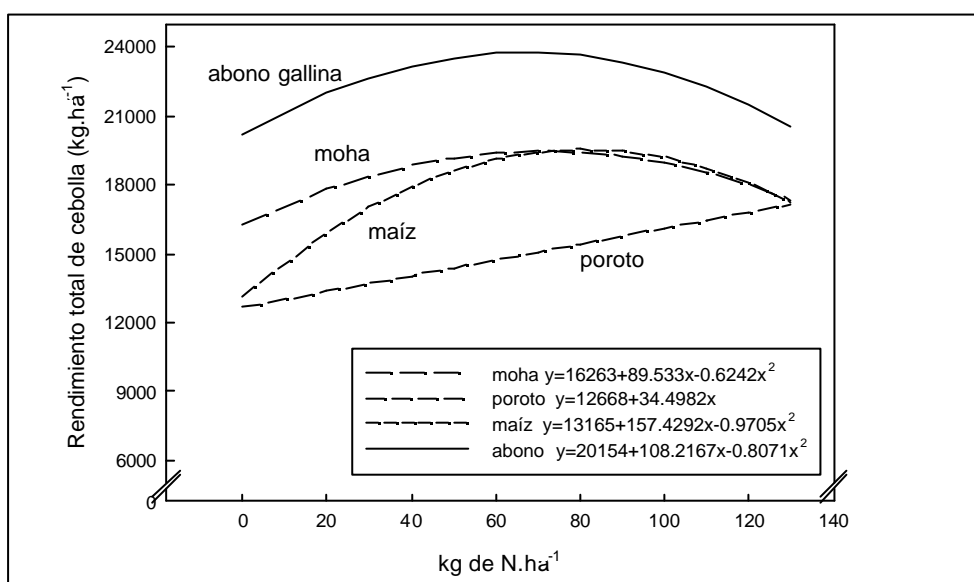
La aplicación del estiércol animal sin ningún proceso de transformación, en tanto se maneje en forma prudente, es una herramienta de relevancia para la nutrición vegetal, la mejora de la aireación del suelo, su capacidad de retención de agua, mejorar la resistencia a la erosión y particularmente, como fuente de alimento para los microorganismos benéficos del suelo.

La composición del estiércol depende del animal que lo origina, de la cama que se utilice, y del manejo posterior, por tanto, para una utilización correcta hay que tener estas variantes en cuenta y en lo posible caracterizar el estiércol



que se va a utilizar para establecer la cantidad y procedimiento de aplicación y manejo.

El estiércol procedente de las aves de corral normalmente es el más concentrado y rico en nutrientes, sobre todo en nitrógeno, por este motivo es importante ser prudente en su empleo ya que un exceso de nitrógeno produciría mayor sensibilidad a las enfermedades, mala conservación y hortalizas con un exceso de contenido en nitratos. Asimismo, es de resaltar que utilizado en forma adecuada, es una importante herramienta para construir y mantener la productividad del suelo; como lo demuestran los trabajos de INIA Las Brujas en sistemas de producción intensiva sostenible que se desarrollan desde 1995 (Figura 2).



**Figura 2.** Respuesta de la producción total de cebolla de día corto al agregado de nitrógeno, según diferentes manejos anteriores. Sistema I Producción hortícola sostenible 1995-2004. INIA Las Brujas 2005.

La respuesta al agregado de 10 t/ha de estiércol de gallina en la producción de cebolla en los 10 años de investigación es significativa, y establecen un óptimo físico con el agregado de 65 kg de nitrógeno por hectárea en forma de urea. Los resultados también indican que la productividad promedio en los diez años de la secuencia con agregado de estiércol y sin agregado de nitrógeno bajo forma de urea, igualaría la productividad de la secuencia con producción de maíz dulce (enterrando el rastrojo) y el agregado de 100 kg/ha de nitrógeno a la cebolla.

Como ya fue mencionado, la utilización del estiércol animal tiene ciertos riesgos asociados:

- \* Cuando se utilizan materias fecales como fertilizantes sin un tratamiento apropiado, existe el peligro de contaminación de los productos con bacterias patógenas.

- \* Estas bacterias pueden causar enfermedades gastrointestinales y de otra índole en los seres humanos.
- \* La supervivencia de los virus y protozoos en el estiércol transformado en abono no está claramente determinada.

La tasa de supervivencia de los contaminantes en el estiércol y su transferencia a los productos depende de un cierto número de factores que incluyen el tipo de suelo, su pH, la tasa de aplicación del estiércol, el método de transformación en abono y el momento de su aplicación. La aplicación continua de estiércol no tratado en un suelo podría dar lugar a una amplia supervivencia de los patógenos y a su crecimiento, lo cual incrementa el riesgo de contaminación del suelo como de las áreas y recursos naturales linderos.

Finalmente, otro efecto negativo del estiércol no tratado o mal manejado, consiste en su potencial de contaminación de los recursos hídricos debido a la liberación de nutrientes (particularmente nitrógeno) y sólidos en suspensión.

Para transformar los desechos orgánicos en fertilizantes seguros (abono), es necesario seguir métodos que reduzcan la presencia de bacterias patógenas. La elaboración de abono es un proceso natural mediante el cual el material orgánico se degrada y se descompone. El proceso de transformación es llevado a cabo por bacterias y hongos que fermentan el material orgánico y lo reducen a un humus estable y dado que el mismo genera mucho calor, si es bien realizado, reduce o elimina los riesgos biológicos en la materia orgánica.

### **Compost**

Es un abono natural que resulta de la transformación de la mezcla de residuos orgánicos de origen animal y vegetal, que han sido descompuestos bajo condiciones controladas. Su calidad depende de las materias primas utilizadas (tipo de estiércol y residuos vegetales, así como del proceso y condiciones del compostaje). Puede tener elementos contaminantes si se utilizan desechos urbanos.

Efectos del compost en el suelo:

- \* Estimula la diversidad y actividad microbiana del suelo.
- \* Mejora la estructura del suelo.
- \* Incrementa la estabilidad de los agregados.
- \* Mejora la porosidad total, la penetración del agua, el movimiento a través del suelo y el crecimiento de las raíces.
- \* La actividad de los microbios en el compost reduce la de los microbios patógenos para las plantas como los nemátodos.

- \* Contiene macro y micro nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.
- \* Provoca la formación de humus, complejo más estable de la materia orgánica que se encuentra sólo en el suelo y es el responsable de su fertilidad natural.

El humus de lombriz o lombricompost está compuesto por los excrementos de las lombrices identificadas y seleccionadas especialmente para transformar los residuos orgánicos y también a los que producen las lombrices de tierra como sus desechos de digestión. Tiene los mismos efectos del compost y es el abono orgánico con mayor contenido de bacterias benéficas, razón por la cuál es particularmente efectivo en el mejoramiento de las propiedades biológicas del suelo.

Tanto la producción de compost como lombricompost es una opción muy beneficiosa dentro del manejo integral de los sistemas de producción. Son herramientas importantes en el proceso de reciclaje y generan valor agregado a los recursos orgánicos de la chacra.

### **Fertilizantes Orgánicos**

Desde el punto de vista del suministro de nutrientes, los fertilizantes orgánicos, u órgano-minerales, o abonos minerales, sustituyen con ventajas al estiércol. Sin embargo, este contiene mayor tenor de materia orgánica con las ventajas que ya fueron analizadas.

La conservación y la adición de nutrientes mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos puede contribuir al mantenimiento y el aumento de las reservas de nutrientes del suelo. Pero, al igual que con los fertilizantes minerales, el aporte excesivo de nutrientes también puede ser problemático, dado que provoca ineficiencia económica, perjudica al medio ambiente y, en ciertas situaciones, a las mismas plantas, a los animales y el ser humano.

El fertilizante orgánico se obtiene por adición de sales minerales en el proceso de compostaje o al mismo compost. Por ejemplo, incorporando roca fosfatada en la preparación del compost es posible incrementar el fósforo disponible para las plantas hasta cuatro veces.

Los abonos orgánicos líquidos son los que resultan de la descomposición anaeróbica (sin oxígeno) de los estiércoles, y pueden ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo, pueden funcionar como reguladores del crecimiento e incluso tienen cierto efecto repelente de algunas plagas.

#### **VI. 3. 1. 4 Abonos Verdes**

El uso de abono verde es una práctica que consiste en cultivar plantas de crecimiento rápido para incorporarlas al suelo en estado verde con el propósito de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas. En forma más concreta, para mantener y mejorar el contenido de materia orgánica del suelo.

Por consiguiente, a la vez de lograr todos los beneficios que brinda la materia orgánica del suelo, tienen otros efectos beneficiosos como ser:

- Protegen al suelo contra la erosión.
- Estimulan la actividad microbiana.
- Mejoran la estructura del suelo por medio de su sistema radicular.
- Reducen el riesgo de invasión de malezas.
- Incrementan la capacidad de reciclaje y movilización de los nutrientes poco solubles, particularmente si su sistema radicular es profundo.
- Si son leguminosas, mejoran el contenido de nitrógeno.

Los abonos verdes pueden generar también beneficios complementarios ya que pueden ser usados como forraje.

Al igual que en las otras alternativas de manejo sustentable que hemos visto, es muy importante tener en consideración ciertas características al momento de elegir el abono verde.

- Mientras las leguminosas en especial aportan nitrógeno, las gramíneas mejoran el contenido de materia orgánica, por tanto es recomendable usar mezclas de cultivos.
- Se deben tener en cuenta las condiciones de suelo y clima de forma de elegir a especie o especies que mejor se adecuen a ellas. Los cultivos a utilizar como abono verde deben adaptarse a crecer bajo condiciones mínimas de humedad y fertilidad (crecer en suelos pobres).
- Se debe utilizar especies que produzcan abundante biomasa (gran cantidad de raíces, tallos, hojas, etc.) y de fácil descomposición. Particular ventaja poseen aquellas especies de raíces profundas ya que capturan los nutrientes perdidos y aquellos poco solubles llevándolos a los horizontes más superficiales.
- Elegir especies de ciclo corto que permitan una rápida protección del suelo, el control de las malezas por efecto del sombreado, un mayor tiempo para su incorporación y descomposición y para las labores del cultivo de cebolla.

Del mismo modo, es de relevancia el manejo que se haga al abono verde para alcanzar los beneficios. Luego del corte se debe incorporar muy en superficie para que la descomposición ocurra en presencia de aire, siendo necesario para facilitar la misma que el suelo tenga un contenido de humedad adecuado. Luego de dos o tres semanas se incorpora a la capa arable del suelo al realizar las labores culturales para el cultivo de cebolla.

### **VI. 3. 1. 5 Uso de cultivos de cobertura**

Se denomina cultivo de cobertura a una cobertura vegetal establecida para cubrir el suelo y que es temporal o permanente, con el objetivo de protegerlo contra la erosión y mejorar sus condiciones físicas y químicas para el crecimiento del cultivo posterior.

Al tiempo de reducir costos por menor necesidad de insumos externos, reducción de la mano de obra para combatir malezas, y posibilidad de generar ingresos por venta de semillas o forraje; los cultivos de cobertura posibilitan incrementar la productividad.

El incremento de la productividad y la reducción de la degradación se alcanzan al incrementarse la fertilidad del suelo, reducir la competencia de malezas, reducir los residuos de agroquímicos, reducir pérdidas de suelo por erosión, mejorar la infiltración de agua, y mantener la materia orgánica del suelo.

### **VI. 3. 1. 6 Rotación de cultivos**

La siembra continua de un área con un mismo cultivo provoca reducciones importantes en el contenido de materia orgánica y de nutrientes minerales, aumenta los riesgos de plagas y enfermedades y, como consecuencia, establece condiciones desfavorables para la obtención de buenas cosechas en cantidad y calidad. Con rotación de cultivos, es decir, con una sucesión planificada, ordenada y más o menos regular de diferentes cultivos en un mismo sitio, ese peligro se reduce.

La rotación de cultivos tiene tres objetivos primordiales: maximizar la productividad, minimizar los riesgos y mejorar los recursos involucrados. Fragante R. (2004).

Una rotación eficiente redundará en el mantenimiento o construcción de un suelo de alta calidad. Es decir, con presencia de carbono orgánico del suelo (materia orgánica), agregados de partículas de suelo, capacidad de intercambio catiónico, capacidad de retención de agua, y con amplia biodiversidad.

Para el diseño de una rotación adecuada se deben manejar las siguientes metas:

- ★ Mantener o incrementar los niveles de materia orgánica del suelo.
- ★ Tener el suelo descubierto el menor tiempo posible con el uso de cultivos de cobertura y/o abonos verdes.
- ★ Equilibrar la extracción que hacen los cultivos con la acumulación de fertilidad.
- ★ Incorporar cultivos de leguminosas.
- ★ Incorporar cultivos con diferentes sistemas radiculares.
- ★ Separar en la secuencia los cultivos con susceptibilidad similares a plagas y enfermedades.
- ★ Manejar la secuencia para reducir las malezas.

Los beneficios de la rotación de cultivos serán más fáciles de alcanzar si se incorporan las pasturas, en particular las leguminosas, y la producción animal al sistema de producción.

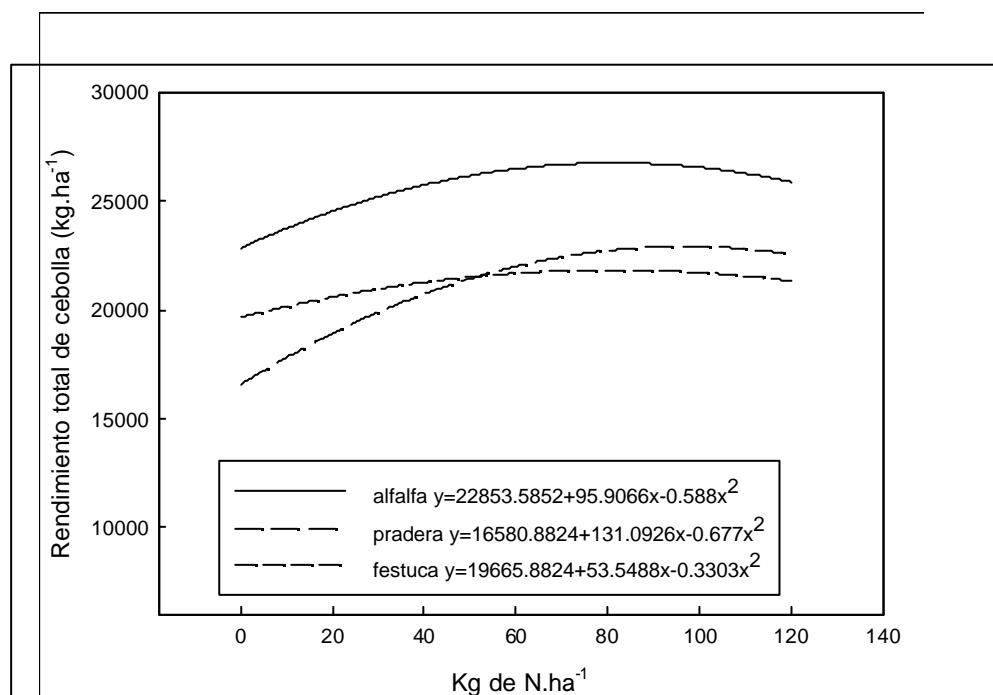


**Figura 3.** Rotación de cultivos con pasturas y producción animal, en el sistema de producción de cebolla.

Al igual que hemos visto para todas las prácticas para alcanzar la sustentabilidad productiva, es de relevancia la elección del o los cultivos, así como sus objetivos y manejo.

Así, de los trabajos de INIA Las Brujas ya referidos en VI. 3.1.3 en las secuencias evaluadas en producción hortícola pastoril:

1. Alfalfa para producción de heno (3 años) – Cebolla (3 años).
2. Pradera de trébol blanco, festuca y lotus para pastoreo (3 años) – Cebolla (3 años).
3. Festuca para producción de semilla (3 años) – Cebolla (3 años) se está evaluando el efecto de estas secuencias en la producción de la cebolla (Figura 4).



**Figura 4.** Respuesta de la producción de cebolla de día corto al agregado de nitrógeno según diferentes manejos anteriores. Sistema II Rotación hortícola-pastoril 1995-2004. INIA Las Brujas 2005.

Entre las tres pasturas en secuencia con la cebolla en estudio hubo respuestas diferentes relevantes. El rendimiento promedio de cebolla sin agregado de nitrógeno en la rotación con alfalfa, fue diferente significativamente de la secuencia cebolla-pradera. En la secuencia cebolla-festuca el rendimiento no tuvo diferencia relevante con la otras dos rotaciones (cebolla-alfalfa, cebolla-pradera). Los resultados también indican que la productividad promedio en los dos ciclos de alternancia de la rotación cebolla-alfalfa, sin agregado de nitrógeno bajo forma de urea, igualaría la productividad de la secuencia cebolla-festuca con el agregado de 85 kg/ha de nitrógeno a la cebolla. En la secuencia cebolla-pradera se precisarían agregar 60 kg/ha de nitrógeno a la cebolla para lograr una producción similar a la que no tiene agregado de nitrógeno luego de alfalfa.

Al mismo tiempo, en la evaluación de la productividad promedio de los diez años, no existió diferencia significativa en el agregado de nitrógeno en el rendimiento de cebolla para ninguna de las secuencias evaluadas. Ello demuestra la importancia de un manejo racional de la nutrición de los cultivos con las herramientas de análisis de suelos y análisis foliar para obtener mejores resultados económicos y minimizar los efectos negativos de la producción intensiva en el medio ambiente.

## VI. 4 AGRICULTURA SUSTENTABLE: LAS CLAVES

Partiendo de la base de establecer a la agricultura como un sistema complejo con muchos factores relacionados, y en particular los cultivos intensivos como la cebolla, las soluciones técnicas para una producción sustentable física y económicamente no deben ser prácticas aisladas sino integradas en una planificación ordenada y eficiente de cada predio.

Por ello se pretende resaltar algunos conceptos y soluciones técnicas que se consideran de relevancia para alcanzar un sistema de producción de cebolla sustentable.

- No debemos visualizar al suelo como simple soporte de los vegetales, sino como un sistema dinámico, con una “vida” propia que debemos conocer, respetar, conservar y mejorar.

### EL SUELO TIENE VIDA

- La materia orgánica es un elemento vital desde el punto de vista físico, como químico y biológico del suelo. Es el principal factor que mide su fertilidad y si no cuidamos esta fracción del suelo estaremos en vano tratando de conservar y administrar los nutrientes propios o incorporados al suelo.

### LA MATERIA ORGÁNICA DEFINE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DEL SUELO

- La materia orgánica depende de un equilibrio entre las ganancias y las pérdidas de carbono. Hay alternativas que permiten lograr una mayor captura de carbono y por consiguiente, mantener y/o mejorar la productividad. Probablemente en el mediano plazo redundará en mayor valor agregado por las consideraciones ambientales que ello conlleva.

#### SUMINISTRO REGULAR DE MATERIA ORGÁNICA

- La base de todo programa de conservación está en la sistematización del predio con una adecuada distribución de los cultivos y áreas accesorias de forma de lograr un ordenamiento del agua excedente y la mejor utilización de ésta y el suelo.

#### SISTEMATIZACIÓN

- El ajuste de la cantidad e intensidad de las tareas de preparación del suelo al mínimo compatible con buenos rendimientos, resulta en una reducción importante de los costos de instalación de los cultivos, así como la preservación de la calidad del suelo. El exceso de laboreo produce una reducción de la infiltración del agua con el consiguiente aumento de su escurrimiento. Se altera la estructura del suelo lo que provoca menor movimiento de aire y agua por lo que el crecimiento del cultivo se ve dificultado. Pueden formarse costras duras en la superficie que dificultan la emergencia de la cebolla y su crecimiento inicial.

#### LABOREO VERTICAL Y REDUCCIÓN DEL LABOREO

- Es imprescindible que la aplicación de fertilizantes minerales y de abonos orgánicos tenga en cuenta los requerimientos de nutrientes del cultivo y posibles efectos sobre el medio ambiente y la salud del hombre y animales. Es imprescindible la caracterización física, química y/o biológica de suelo e insumos para determinar los procedimientos de aplicación en consonancia con los requerimientos.

#### CARACTERIZACIÓN DE SUELOS E INSUMOS (Análisis químicos, físicos y biológicos).

- Es necesario proteger al suelo de los factores climáticos que lo erosionan (impacto de las gotas de lluvia, arrastre del agua excedente, viento, etc.). El rastrojo que generalmente se ve como algo de poco valor y problemático, es un recurso que puede ser empleado para proteger al suelo.

#### MINIMIZAR EL TIEMPO CON EL SUELO DESCUBIERTO

- Conformar un sistema de rotación de cultivos con el objeto de maximizar la productividad, minimizar los riesgos y mejorar los recursos involucrados.

#### UNA ROTACIÓN ADECUADA CONLLEVA AL MANTENIMIENTO O CONSTRUCCIÓN DE UN SUELO DE ALTA CALIDAD



## BIBLIOGRAFÍA

- AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY.** 1984. Organic Farming: Current technology and its role in a sustainable agriculture. ASA Special Publication Number 46.
- AMERICAN SOCIETY FOR HORTICULTURAL SCIENCE.** 1992. Sustainable Vegetable Production. Hort Science 27(7).
- BELAY, A. et al.** 2000. Influence of residual manure on selected nutrient elements and microbial composition of soil under long-term crop rotation. S.Agr. J. Plant Soil, 18(1).
- BUGG, R. L.** 1995. Cover crop biology: a minireview. Part I. Sustainable Agriculture Technical Reviews. University of California.
- DAVET, P.** 1996. Vie microbienne du sol et production végétale. INRA Editions.
- DUCHAUFOUR, PH.** 1991. Pedologie: sol, vegetation, environnement. Masson, Paris.
- FELIPE-MORALES, C.** 1997. Concepción y manejo del suelo en la agroecología.
- GARGICEVICH, A.; MASSONI, S.** 1988. Manual de agricultura conservacionista. INTA
- HALL B.** 1998. Alternative Soil Amendments. NCAT United State Department of Agriculture. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Suelo: abonos verdes. <http://Infoagro.net/infotec>.
- JOHNSON, J.; ECKERT, D.** 1997. Best management practices. Land application of animal manure. Ohio State University. <http://ohioline.osu.edu/agf-fact/0208.html>
- LUNA, J.M.; O'BRIEN, T.** 1998. Strip tillage and cover crop systems. Department of Horticulture, Oregon State University. North Carolina State University. Conservation tillage for crop production in North Carolina. Agricultural Extension Service, NCSU.
- PEET, M.** 2001. Cover crops and living mulches. North Carolina State University.
- POUND, B.** 2003. Cultivos de Cobertura para la agricultura sostenible en América. Conferencia electrónica de la FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/WAICENT/FaoInfo/Agricult/AGA/AGAP/FRG/AGROFOR1/pound7.pdf>
- ROBERT, M.** 1996. Le Sol: interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Masson, Paris.
- SUÁREZ DE CASTRO, F.** 1980. Conservación de suelos. Editorial IICA.
- SULLIVAN, P.** 2001. Sustainable soil management. NCAT, United State Department of Agriculture.
- SULLIVAN, P., DIVER S.** 2001. Overview of cover crops and green manures. NCAT, United State Department of Agriculture.
- VENEGAS, R.; SIAU, G.** 1994. Conceptos, principios y fundamentos para el diseño de sistemas sustentables de producción Agroecológica y Desarrollo (7): 15-28.