

## **MANEJO DE SUELO Y FERTILIDAD EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN LIMPIA**

**Martín Silva Armanet**  
Ingeniero Agrónomo U.C.  
msilva@subsole.cl

### **1) “Trabajar con la Naturaleza, y no a pesar de ella”**

En la antigüedad se comenzó haciendo agricultura en pequeña escala, donde los insumos que se usaban provenían del mismo sector donde se llevaba a cabo la producción, y los residuos de las cosechas quedaban en el lugar. Igualmente las cosechas eran aprovechadas no lejos de los lugares de producción.

Luego, al generarse excedentes, estos comenzaron a comercializarse en lugares distantes, con lo cual se rompió el ciclo propio de cada sitio, saliendo nutrientes de los lugares productivos, los que no necesariamente eran repuestos, generándose poco a poco problemas de fertilidad en los suelos.

Igualmente, al romperse los equilibrios ecológicos de cada ecosistema, al irrumpir con el monocultivo, aparecieron con fuerza las enfermedades y plagas.

El hombre leyó estos mensajes con un código de guerra, y se preparó a combatir. Para cada problema desarrolló una respuesta específica, dirigida más al efecto que a la causa.

Se apostó al equilibrio por sobre la armonía, entendiéndose por ello que un problema se podía mantener bajo control equilibrando cada problema uno a uno, por sobre generar una todo armónico, en el cual las partes se mantienen unas a otras en una condición estable y amistosa.

Es posible trabajar con la naturaleza, respetándola, aprendiendo y estudiando y aplicando a fondo sus leyes. Es posible leer lo que está escrito en sus libros, aún cuando tiene un costo el aprender a hacerlo. No solo es posible, sino que es necesario y beneficioso para el hombre actual, y para el hombre del futuro.

### **2) El suelo**

Una primera etapa en los sistemas de producción limpia es el cómo se enfrenta el suelo. La definición universitaria que la mayor parte de nosotros recibió, describió al suelo como un elemento sostenedor de la planta, y aportador de nutrientes. La vida del suelo, el ecosistema suelo no era tomado en cuenta. Sin embargo, en el lenguaje del campo se habla de suelos cansados, por una parte, y del extraordinario vigor que alcanzan las plantaciones sobre suelos

vírgenes. No se trata aquí de un problema de fertilizantes, del tipo N-P-K, o de algunos micro nutrientes, sino de algo más complejo relacionado con el ambiente que rodea a las raíces, y que estimula y favorece su desarrollo.

Al iniciarse el estudio del problema de debilitamiento de los parronales en el Valle de Aconcagua, un denominador común en la excepción, en aquellos parrones más longevos y vigorosos en el tiempo, era el hecho de haber sido objeto de un manejo constante en el tiempo en base a guano, preferentemente de cabras. Es decir, estos parrones eran suplementados año tras año con materia orgánica.

La Naturaleza es cíclica. La agricultura humana rompe el ciclo natural de los nutrientes, y pretende restaurar el equilibrio en base a N-P-K, más algunos micro nutrientes. El ecosistema suelo no es considerado, así como el efecto del uso indiscriminado de plaguicidas y de los mismos fertilizantes sobre los micro organismos del suelo. Esta aproximación va "cansando" al suelo, y los productos que de él se obtienen van perdiendo calidad y valor nutritivo.

Tabla: Actividades benéficas de microorganismos en el suelo  
(Tomado de "Cover Cropping in Vineyards", University of California, Publication 3338, 1998)

<b>Función</b>	<b>Tipo de Organismo</b>
Descomposición de residuos de las plantas	Descomponedores (bacteria, hongos, micro y macro fauna)
Control de la disponibilidad de Nitrógeno para las plantas: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conversión de formas orgánicas a minerales</li> <li>▪ Conversión de amonio a nitrato</li> <li>▪ Denitrificación de nitrato a nitrógeno gaseoso</li> </ul>	Mineralizadores (mayoría de microorganismos) Bacterias nitrificadoras Bacterias denitrificadoras (anaeróbicos facultativos y obligados)
Conversión de gas nitrógeno atmosférico en nitrógeno orgánico	Bacterias fijadoras de nitrógeno (simbióticas y de vida libre)
Aumento de la disponibilidad de Fósforo, Hierro, Azufre, y otros elementos	Muchos organismos, hongos mycorrizas
Formación de humus del suelo	Hongos
Formación de agregados del suelo y estabilidad del mismo	Hongos productores de polisacáridos y bacterias
Producción de sustancias promotoras del crecimiento en las plantas	Primariamente bacterias
Supresión de patógenos de las plantas	Comunidad microbiana en general, productores de toxinas, productores de quelatadores de hierro
Degradación de pesticidas y otros químicos tóxicos	Bacterias y hongos biodegradadores

### 3) Fertilización

Al concepto de fertilización se le simplificó, para su análisis, en la siguiente fórmula:

$$\text{Necesidad de Nutrientes} = \frac{\text{Demanda del cultivo} - \text{Suministro del suelo}}{\text{eficiencia}}$$

Todos los demás factores deberían mantenerse constantes.

Hoy sabemos que esta ecuación no se cumple, ya que el comportamiento de los nutrientes en el suelo, o si se quiere, la eficiencia, tendrá una variabilidad tal que hará el análisis insuficiente.

La salud de las raíces será el principal factor sobre la eficiencia de extracción de nutrientes del suelo por parte de la planta, de ahí los éxitos logrados en el último tiempo con la mejora en el manejo del agua de riego en términos de regar y oxigenar todo el volumen de suelo explorado por las raíces de la planta. Sin embargo, esta forma de regar beneficiosa para las raíces, sin duda será beneficiosa para el gran número de microorganismos aeróbicos del ecosistema suelo. De todas formas, dado que el éxito de las nuevas estrategias referidas han llevado en muchos casos a cuadros de sobre riego, debo hacer ver que la lixiviación de nutrientes así como de componentes de la materia orgánica y de microorganismos no puede ser beneficiosa. Parte de los conceptos que comprenden agricultura limpia plantean una preocupación por el buen uso de los recursos. El agua no puede estar fuera de esta consideración.

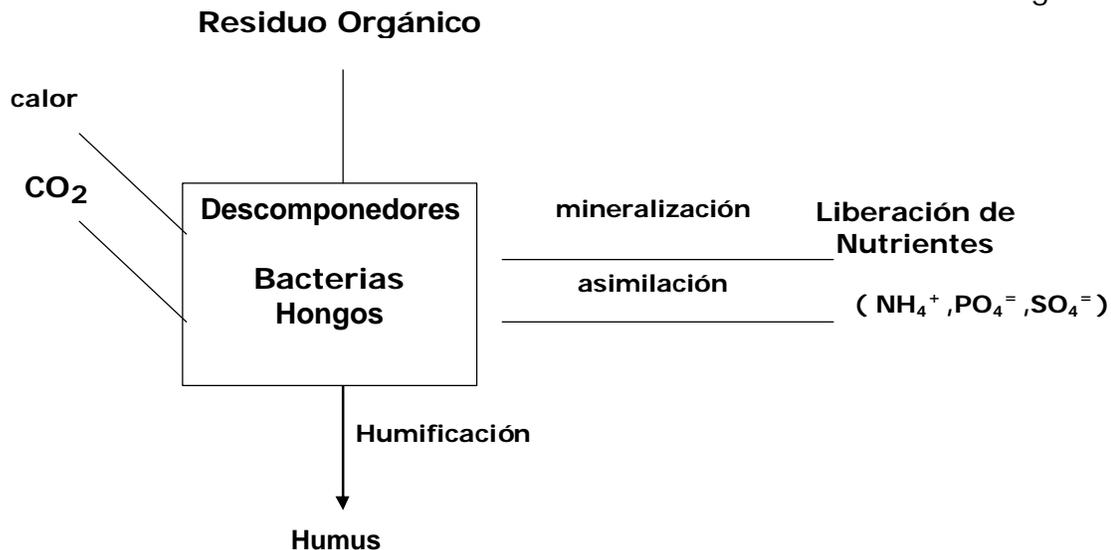
Resumiendo, no basta con reponer N, P, K, Ca, Mg, Zn y B al suelo. Es necesario repensar la naturaleza y reponer su ciclicidad.

#### **4) La Materia Orgánica en el suelo**

¿Qué es la Materia Orgánica del Suelo? (Chaney et al, 1992):

La Materia Orgánica del suelo (SOM) es la fracción de suelo que se origina a partir de organismos vivos. En un momento determinado, SOM consiste en los organismos vivos del suelo y en fracciones no vivas derivadas de residuos de plantas o animales en varios estados de degradación. SOM no es un componente estático del suelo; por el contrario, es una suerte de flujo debido a la continua acción de los descomponedores del suelo, el diverso grupo de organismos del suelo que obtienen de los residuos orgánicos la energía y nutrientes necesarios para su desarrollo.

Los residuos orgánicos son una mezcla compleja de moléculas aptas para ser descompuestas y otras resistentes a la descomposición, hechas principalmente de Carbono (50 – 55 %) y Nitrógeno (7 – 8 %). Es útil considerar la SOM como una serie de depósitos que difieren en su tasa de descomposición. La accesibilidad de esas diferentes fracciones de SOM a la descomposición determina su presencia en el suelo.



### Descomposición de Residuos Orgánicos (Chaney et al, 1992)

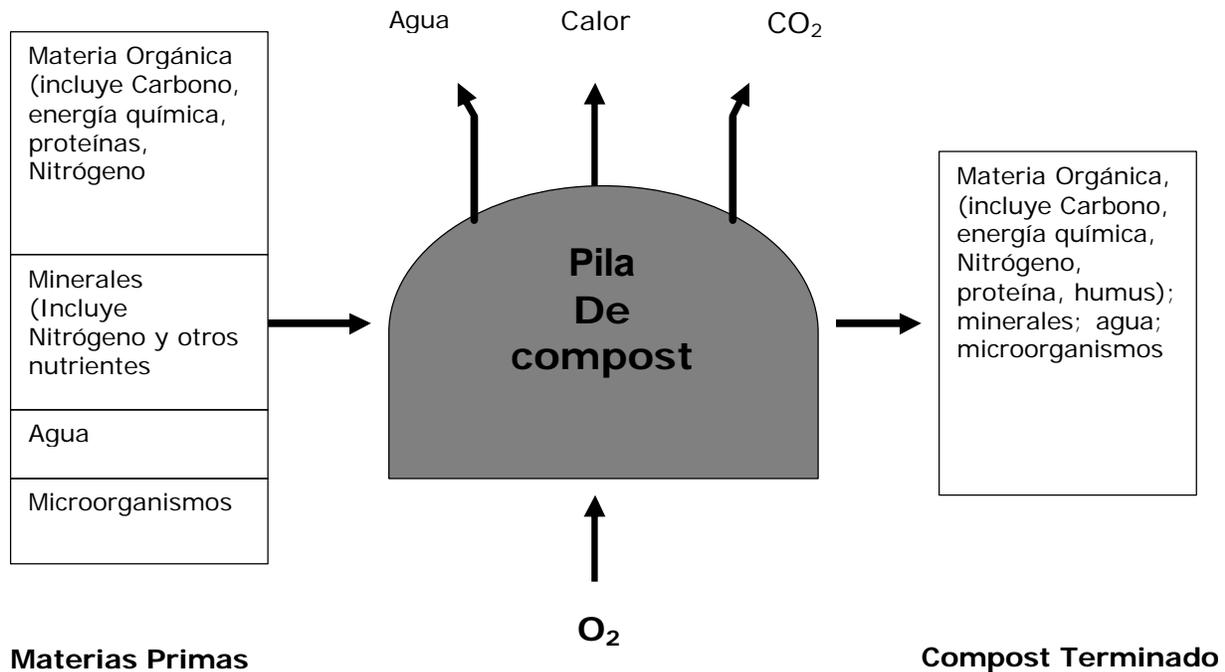
#### 5) ¿Cómo se maneja un suelo vivo?

Un suelo vivo, con un contenido de materia orgánica normal, y un adecuado componente microbiológico, debe ser alimentado para mantenerse como el referido "suelo vírgen", en el cual se podrá desarrollar una agricultura de alto potencial.

Para ello nombraremos tres grandes herramientas, básicas para el desarrollo de una agricultura limpia:

#### **El Compost**

¿Qué es el compost? El compost es humus terminado. Un compost de alta calidad es una sustancia rica en microbios, la que al aplicarse a un suelo dado activa sus procesos biológicos. Es una fuente de humus estable, así como un aporte modesto de los elementos mayores y menores. El humus es, a su vez, el combustible y la fuente de energía del sistema suelo.



**EL PROCESO DE COMPOSTAJE ("On Farm Composting Handbook", Robert Rynk et all, NRAES-54, 1992)**

### ¿Cómo se hace compost?

El compostaje es la ruptura de materiales orgánicos por un gran número de variados microorganismos, en un ambiente húmedo y tibio, para producir humus como producto terminal.

Esta descomposición a través del compostaje es acompañada por la digestión enzimática de los materiales orgánicos por microorganismos del suelo.

A medida en que el proceso de compostaje continúa con la ruptura de materias crudas hacia formas simples de proteínas y carbohidratos, estas se hacen mas disponibles para un amplio rango de hongos – actinomicetes y especies de bacterias que los llevarán a estados mayores de descomposición.

La ruptura de los carbohidratos (almidones y azúcares) los lleva en un proceso rápido y completo hacia azúcares simples, ácidos orgánicos y dióxido de carbono, los que son liberados en el suelo. Cuando se produce la descomposición de las proteínas, estas rápidamente se degradan en péptidos, amino ácidos, y entonces en compuestos amonio nitrogenados disponibles y nitrógeno atmosférico. Finalmente, especies de bacterias

“nitrificadoras” transforman los compuestos amoniacales en nitratos, los cuales son mas disponibles para las plantas.

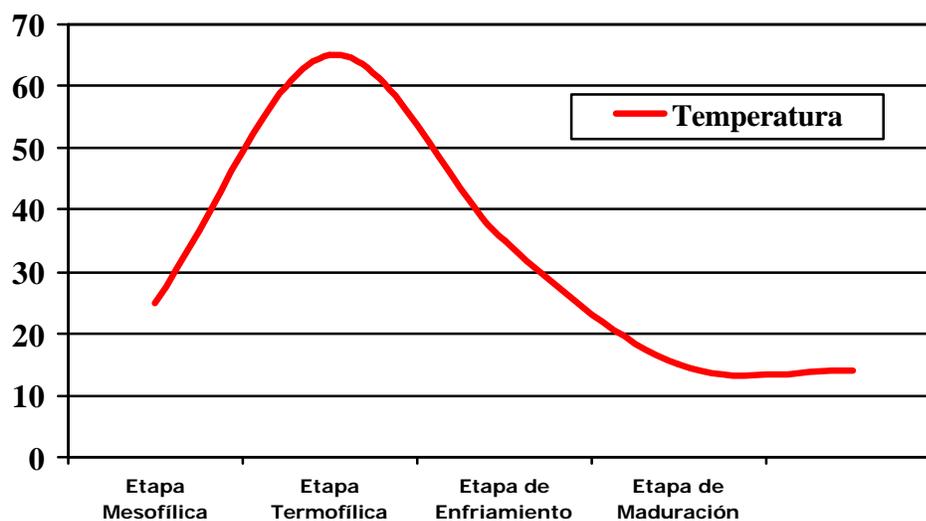
Cuando compuestos altos en carbono son agregados al suelo, toman el nitrógeno del suelo para continuar el proceso de digestión, especialmente materias orgánicas crudas, haciendo estos nutrientes indisponibles para plantas en crecimiento.

El compostaje puede además ser definido en términos de disponibilidad de oxígeno. Descomposición aeróbica significa que los microbios activos en la pila de compost requieren oxígeno. (Mientras los microbios anaeróbicos no requieren oxígeno para vivir y desarrollarse).

En un proceso de compostaje termofílico y bio-oxidativo, adecuados niveles de oxígeno son esenciales para el desarrollo de los microorganismos. Un exceso de humedad reducirá los niveles de oxígeno, aumentando los de dióxido de carbono.

La adhesión de humedad como parte del proceso de compostaje es necesaria para soportar la vida microbiana.

### TEMPERATURAS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE



### Las Tres Fases de una Pila de Compost Bien Estructurada<sup>1</sup>:

<sup>1</sup> "Organic Tree Fruit Management", Linda Edwards, Certified Organic Associations of British Columbia

### **La Fase Inicial**

- Entre el primer y tercer día de compostaje, la temperatura sube, con lo cual los materiales de fácil degradación son desdoblados por microorganismos.

### **La Segunda Fase**

- Se desarrollan altas temperaturas y algunos de los componentes con mayor contenido de celulosa comienzan a degradarse. Patógenos de las plantas, semillas de malezas y muchos organismos bióticos mueren. Esta etapa puede durar desde algunos días a varios meses.  
La pila de compost requiere en estas dos etapas de frecuentes volteos, con los siguientes objetivos:
- Aportar oxígeno. Este puede ser rápidamente consumido por los microorganismos. Sin oxígeno, el compostaje se hace lento, y la pila puede volverse anaeróbica, desarrollándose compuestos tóxicos para las plantas que producen fuertes olores.

### **La Tercera Fase (Curado)**

- Esta comienza cuando la pila no se vuelve a calentar luego de un volteo. Muchos de ellos son agentes de control biológico, por lo que la supresión de enfermedades en el material continúa.
- Si el compost se seca en esta etapa, hongos no deseados podrán desarrollarse. Un largo curado permite la descomposición de materiales más resistentes, y aumenta el contenido de humus, disminuyendo la posibilidad de tener compost inmaduro. No debe permitirse que la pila se vuelva anaeróbica en esta fase.

### **Materias Primas:**

Lo básico en la elaboración de compost es el balancear las fuentes carbonadas y nitrogenadas, para obtener la relación carbono nitrógeno adecuada.

### **Necesidad de Estandarización:**

Hoy vemos un creciente interés, positivo desde todo punto de vista, hacia la fabricación de compost. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que obviamente, dependiendo de los ingredientes iniciales, así como de la calidad del proceso, el producto final será diferente. Algunos ejemplos:

- Si el proceso no alcanza sobre 60° C, y no se produce una homogenización del producto durante su elaboración, es probable que no todos los

organismos no deseados, así como las semillas de malezas no sean destruidos. Si posteriormente se fabrica té de compost, a partir de un compost donde no se ha destruido la población de salmonella o E. Colli proveniente del guano, la fruta aplicada se contaminará.

- Si no se oxigena permanentemente la pila, el desarrollo de organismos anaeróbicos producirá sustancias no deseadas, algunas con efecto fitotóxico.
- La calidad del proceso determinará especialmente el contenido y la diversidad de los microorganismos del compost.
- La densidad de un buen compost debe ser de alrededor de 800 gr. por Kilo, mientras que un guano de cabra con un contenido de humedad equivalente no pasa de 400 gr. por Kilo. Por ello, desde un punto de vista de aporte de nutrientes, ante contenido porcentual similar, el aporte de un metro cúbico para cada caso será el doble en el producto de mayor densidad. Es decir, un compost con 1,5% de Nitrógeno aportará 12 unidades de Nitrógeno por metro cúbico (si su densidad es 0,8), mientras que un guano, con 1,5% de Nitrógeno aportará solamente 6 unidades por metro cúbico (densidad igual a 0,4)

## 6) Cultivos de Cobertura:

Los abonos verdes, (cultivos de entre hilera, cover crops, etc.), son un buen método para construir el contenido de Materia Orgánica y Humus del suelo (Cantisano, A, 1997). Todos los suelos deben tener un cultivo en su rotación para llevar una verdadera agricultura sustentable. Existe una temporada para sembrar un abono verde en cada predio.

Las principales razones para sembrar un abono verde son:

- Para proveer protección contra la erosión del suelo.
- Para construir el contenido de Materia Orgánica y Humus del suelo, mejorando la estructura de las capas superiores e inferiores del mismo.
- Para aumentar la actividad microbiológica y la biomasa de la capa superior. Para proporcionar alimento para los microbios y lombrices de tierra, los que son vitales para la salud de las plantas.
- Para generar competencia y eventualmente eliminar las malezas de invierno, primavera y verano.
- Para aumentar la infiltración del agua proveniente de la lluvia o del riego. En áreas de agua apozada y en suelos pesados, para aumentar el contenido de Oxígeno y mejorar el drenaje. En suelos livianos, para aumentar la capacidad de retención de agua.
- Para reciclar y conservar nutrientes. Los cultivos verdes extraen nutrientes desde el subsuelo y los depositan en la capa superior, aumentando con ello su disponibilidad. Cuando se agregan leguminosas a la mezcla del cultivo

verde, estas no sólo ciclan Fósforo y Azufre, aumentan la disponibilidad de Nitrógeno.

- Para proveer hábitat, presas, néctar y polen para insectos y ácaros benéficos. Los períodos de floración de los cultivos verdes son un tremendo estimulante para los insectos benéficos, especialmente **“Lacewings”**, **“Big Eyed Bugs”**, **“Predatory mites”**, **“Ladybugs”** (Chinitas), **“Syrphid Bugs”**, **“Minute Pirate Bugs”**, **“Anagrus”** y muchos tipos de Avispas, y Arañas, como también cientos de otros “good guys” (buenos muchachos).
- Para agregar un valor estético y colorido al predio. Un predio con tonalidad de colores verdes y flores es siempre más atractivo que un suelo desnudo.
- Para quebrar el sub suelo, capas de arcillas y pies de arado, mejorando con ello la penetración del agua.

### La elección del cultivo verde

Especies anuales con crecimiento invernal son comúnmente usadas como cultivos de entre hilera, abono verde o “cover crops”, ya que ellas hacen un uso óptimo de las lluvias de invierno y primavera. Por ejemplo, mezclas de leguminosas y avenas son usadas con excelente resultado en huertos perennes y viñedos por su vigor, compiten bien con las malezas, fijan Nitrógeno, crecen rápido, pueden ser segadas para aumentar un segundo crecimiento y la Materia Orgánica, y alcanzan su máximo desarrollo en Octubre – Noviembre, dependiendo del clima y las lluvias. Son excelentes como hábitats de predadores, y se ha verificado su efecto en reducir la incidencia de varias pestes.

En la selección de la mezcla debe actuarse como si se tratara de establecer una pradera. En este caso, deberán considerarse factores de clima, suelo, y objetivos a alcanzar. Haciendo una analogía, el animal a alimentar en este caso serán el suelo, por un lado, y el cultivo establecido o por establecer. De esta forma a través del abono verde se podrá actuar sobre la fertilidad del suelo: Usando una mezcla rica en leguminosas se aumenta el contenido de Nitrógeno, gracias a la fijación del Nitrógeno atmosférico que hacen los rizobios en las raíces de estas. Igualmente, si el problema es un exceso de vigor, con una mezcla de gramíneas, y sin aportar Nitrógeno, estas competirán por este nutriente reduciendo su disponibilidad para el cultivo y reduciendo su vigor potencial. El suelo es un aspecto importante en la selección de la mezcla. Aspectos como la profundidad de éste, su drenaje, su compactación (un cultivo de entre hilera se puede usar, especialmente basado en gramíneas, para romper la compactación gracias a la acción del sistema radicular del cultivo), etc..

En un aspecto similar, las malezas van a cobrar una dimensión desconocida para la agricultura tradicional. En primer lugar, son indicadores del estado del ecosistema, revelando el grado de compactación del suelo y , especialmente, su fertilidad. Por otro lado, el cultivo mecánico de las malezas, unido al no uso de herbicidas, aplicaciones de compost con el consiguiente aumento de la materia orgánica, hacen que se genere un

nuevo balance de especies y variedades de malezas positivas y que no compiten con el cultivo, a lo menos en un grado que afecte negativamente su desarrollo.

## 7) CONCLUSIONES:

- a) La tendencia actual de la Industria Agrícola apunta a la obtención de productos más sanos y limpios;
- b) Esta preocupación creciente acerca de la sanidad de los productos se extiende a los procesos involucrados, así como hacia el respeto al medio ambiente, y al concepto de sustentabilidad;
- c) La fertilidad y el manejo de suelos, bajo estos conceptos, requiere de una aproximación diferente, la cual constituye una forma superior de hacer agricultura;
- d) Esta forma diferente trata de rescatar de la naturaleza todo lo que pueda ser un aporte hacia el sistema productivo, creándose una relación de equipo entre la naturaleza y el productor. Bajo este concepto se entiende el control biológico, el manejo integrado de plagas, el uso de cultivos de cobertera, etc.
- e) **El uso de compost de calidad es la base para devolver al suelo sus características más deseadas, especialmente en términos de recuperar suelos vivos para la producción;**
- f) Todas las prácticas descritas son más sanas que las que lleva a cabo la agricultura convencional, pero sin embargo, requieren de mayor análisis y observación que las técnicas actualmente en uso.
- g) Es posible y beneficioso el trabajar de la mano de la naturaleza, en pos de lograr un buen resultado, tanto técnico como económico.

Los documentos e información de este sitio están sometidos a la legislación vigente sobre los derechos de autor. Las citaciones cortas deben ser acompañadas de referencias al documento original, particularmente del URL correspondiente, y la fecha de publicación que figura sobre el documento.

Estos derechos de explotación comprenden , principalmente, los derechos de reproducción, de representación y de adaptación de todo lo que compone este sitio de Internet: textos, clichés fotográficos, dibujos, logotipo, sonidos, secuencias de video, etc.

Cualquier tipo de adaptación, sea de la naturaleza que sea, total o parcial de esta obra, especialmente para crear o implementar otra obra o servicio, queda prohibida sin el consentimiento previo y expreso de [www.uvademesa.cl](http://www.uvademesa.cl) Están estrictamente prohibidas la reproducción numérica y la redifusión bajo forma electrónica, salvo autorización expresa de [www.uvademesa.cl](http://www.uvademesa.cl)

**Martín Silva Armanet**  
Ingeniero Agrónomo U.C.  
msilva@subsole.cl

**Bibliografía:**

- Cover Crops in Vineyards. Chuck A. Ingels et Al. University of California, 1998. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3338.
- On Farm Composting Handbook. Robert Rynk et Al. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service, 1992. Publication 54.
- The Compost Tea Brewing Manual. Dr Elaine R. Ingham. Soil Food Web Inc., 2000.-
- Organic Tree Fruit Management. Linda Edwards. Certified Organic Associations of British Columbia, 1998.
- Bases Conceptuales De La Agricultura Orgánica Y Su Aplicabilidad A La Agricultura Chilena. Martín Silva. Pontificia Universidad Católica de Chile, 2000.-
- Organic Soil Amendments And Fertilizers. David E. Chaney et Al. UC Sustainable Agriculture and Education Program. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. 1992. Publication 21505.-