

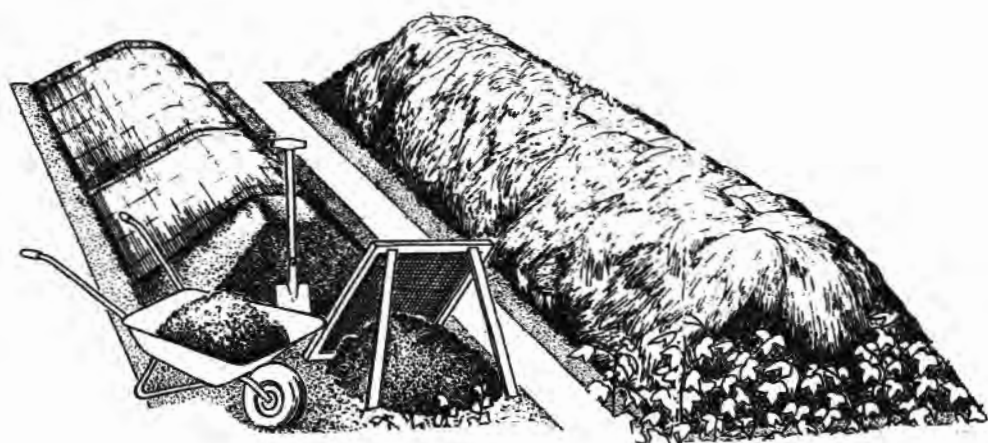
SEGUNDA PARTE

La materia orgánica de la basura y el compost

*La auténtica y perdurable fertilidad de la tierra
sólo la pueden dar los materiales orgánicos.*

*Cómo lograr un buen abono orgánico
y devolver a la Naturaleza lo que una vez nos dio.*

*Las economías en sentido amplio
de los abonos químicos y los naturales*



En la naturaleza nada se desecha

En la naturaleza todo se recicla. Lo que sale de la tierra vuelve a ella en forma de excrementos, hojas, cadáveres, etc. Un sinfín de descomponedores y carroñeros, desde el buitre, pasando por las lombrices y las ratas, hasta millones y millones de microorganismos se encargan de cerrar el ciclo, manteniendo la fertilidad de la tierra. De esta forma son posibles prodigios de fertilidad como el de las selvas tropicales, situadas sobre unas tierras tremendamente frágiles.

Apreniendo de la naturaleza, la sabiduría secular ha respetado estos ciclos manteniendo la fertilidad de la tierra a base de abonados orgánicos con estiércol, rotaciones de cultivos con leguminosas y abonos siderales, barbecho, ganadería extensiva, adición de algunos minerales, huesos molidos, etc.

De la devolución de materia orgánica a las tierras agrícolas depende el mantenimiento de la fertilidad a largo plazo. En cada barco de trigo que los romanos se llevaban de Sicilia, se llevaban una parte de fertilidad de su tierra, acumulada durante siglos. Si analizamos las tierras donde la humanidad comenzó la práctica de la agricultura, nos encontramos ejemplos tan dispares como las cuatro veces milenarias tierras de cultivo chinas, que mantienen su fertilidad gracias a una práctica intensa de abonado orgánico, o como las tierras de Oriente Medio y buena parte de las de la cuenca mediterránea, que de su antigua fertilidad sólo queda la arena del desierto.



Plataneras en cultivo biodinámico en Tenerife

La teoría de Liebig de la nutrición mineral, verdad a medias que reducía la alimentación de las plantas a nitrógeno, fósforo y potasio (N, P, K), ignorando la importancia de los oligoelementos y de los microorganismos de la tierra, dio pie al desarrollo desahogado de la industria de los fertilizantes químicos y al abandono progresivo del abono orgánico. La agricultura industrial concibe el suelo como un mero soporte físico y cree que los vegetales pueden crecer con sólo agua y fertilizantes químicos.

A la euforia inicial de la utilización de los abonos químicos, ha seguido la comprobación de que se necesitan cantidades crecientes de fertilizantes y fitosanitarios para mantener las producciones. El desarrollo de la edafología (pedología o ciencia que estudia los suelos) ha confirmado que no sólo de NPK viven las plantas, y que en su crecimiento y salud intervienen otros elementos químicos, así como hormonas, vitaminas, etc. La tierra fértil, en lugar de ser un mero soporte inerte, es un complejo laboratorio en el que tienen lugar procesos vivos.

"Son hoy ya legión los especialistas que admiten que la llamada Revolución Verde no ha podido ofrecer una solución viable al problema de la alimentación a escala planetaria. Más bien y muy al contrario, los métodos que la propiciaron (como mecanización de las labores, fertilización química, control tóxico de plagas y enfermedades, etc.) constituyen el desequilibrio económico y ecológico dentro de y entre comarcas, países y continentes" dice el ingeniero agrónomo Miguel García Dory en el artículo "La tecnología agraria y su impacto en el medio ambiente" publicado en el nº 4 de la revista del Ministerio de Obras Públicas (MOPU) Información Ambiental, Madrid, 1984.

La agricultura industrial está provocando la pérdida progresiva de materia orgánica en las tierras. Las tierras ibéricas por término medio contienen el 1% de materia orgánica, cuando se considera que el mínimo deseable es el 3%. Alcanzar y mantener el 2% supondría una aportación anual de 200 millones de toneladas de materia orgánica... pero no se alcanzarían aunque se utilizaran todos los residuos orgánicos disponibles.

Es en este contexto donde cobra especial importancia la recuperación de la materia orgánica de la basura para su transformación en abono, no sólo porque suponga la mitad de los residuos urbanos, sino también por su aportación de materia orgánica y fertilidad para la tierra.

En España se producen anualmente 14 millones de toneladas de basura, de las cuales la mitad son restos de comida. Únicamente el 14% de los residuos, 2 millones, son tratados para la obtención de aproximadamente 600.000 toneladas de abono. El resto, el 86% de la basura, en lugar de volver a la tierra se destina a contaminar el entorno.

La situación no puede ser más ilógica: mientras las tierras necesitan ingentes cantidades de materia orgánica, cada día millones de toneladas de residuos orgánicos, en lugar de volver a la tierra dándole fertilidad, van a contaminar el entorno.

Tradicionalmente los restos de comida han alimentado a los animales domésticos, y a través de sus excre-

mentos volvían a la tierra en forma de estiércol. Hoy, en las ciudades, es impensable que cada casa pueda tener sus animales, pero la materia orgánica de las basuras puede encontrar el camino de vuelta a la tierra a través del compost.

El suelo, más que un mero soporte físico

Odum, en su libro "Ecología" (Editorial Interamericana. 1984), define el suelo como el resultado de la acción del clima y los organismos, especialmente la vegetación, sobre el material materno de la superficie de la Tierra (el sustrato geológico o mineral subyacente). Así va aumentando el componente orgánico, a base de organismos y sus productos, que se hallan entremezclados con las partículas finamente divididas del mineral en cuestión. Los espacios entre las partículas están rellenos de gases y agua. La textura y la porosidad de la tierra son características muy importantes y rigen en gran parte la disponibilidad de alimentos para las plantas y los animales terrestres.

Las tierras o suelos fértiles constan, por lo tanto, de cuatro grandes componentes: materia mineral, materia orgánica —con abundancia de seres vivos microscópicos—, agua y aire. Todos íntimamente ligados, mezclados entre sí y originando un medio ideal para el crecimiento de las plantas.

La materia orgánica de la tierra: importancia y función

De estos componentes, la materia orgánica representa en líneas generales el menor porcentaje, tanto en peso como en volumen, aunque dicho porcentaje varíe según el tipo de tierra concreta. A pesar de ello, la importancia de la materia orgánica en las tierras es grande, y no sólo

mejora las propiedades físicas y químicas de la tierra, sino también el desarrollo de los cultivos.

La materia orgánica de la tierra está compuesta por las raíces y la parte aérea de las plantas en descomposición, cuerpos de microorganismos, gusanos, insectos y otros animales que mueren. También comprende la fracción de la tierra de color oscuro, la materia orgánica muy descompuesta, que llamamos humus. Los aportes de materia orgánica de plantas y animales están sometidos a continuo ataque por parte de los organismos vivos, microbios y animales, que los utilizan como fuente de energía y de materiales de recuperación frente a su propio desgaste.

Como resultado de dicho ataque, son devueltos a la tierra los elementos necesarios para la nutrición de las plantas.

Los organismos que llevan a cabo esta importante tarea son principalmente las bacterias y los hongos. Sus diferentes familias se especializan en descomponer un determinado tipo de compuestos. Por ejemplo las bacterias "de los nitratos" se encargan de los compuestos que contienen nitrógeno en forma de nitritos y los transforman en nitratos, que de esta forma pueden ser asimilados por las plantas. Un puñado de tierra sana contiene hasta 70 millones de microorganismos, que con su intensa actividad van degradando la materia orgánica presente en la tierra.

Los productos más resistentes a esta degradación, y que por tanto permanecen más tiempo en la tierra, constituyen la fracción llamada humus. Dentro de la materia orgánica de la tierra, el humus representa por término medio el 85-90% del total. Por ello hablar de la materia orgánica de la tierra y de la fracción húmica es prácticamente equivalente.



La formación del humus es un proceso bioquímico muy complejo y desconocido cuya explicación rebasa los límites de este libro. Centraremos la atención en las propiedades y funciones que el humus desarrolla en la tierra:

- Favorece la absorción de los rayos solares debido a su color oscuro y, por tanto, el aumento de la temperatura de la tierra en primavera.
- Favorece la aireación y el drenaje de la tierra al mezclarse con las arcillas y formar agregados, disminuyendo la impermeabilidad de éstas.
- Mantiene en la tierra el contenido apropiado de agua, gracias a su gran capacidad para retenerla, actuando como una esponja. Este poder absorbente, junto con la formación de agregados con las arcillas, hace del humus un importante agente preventivo de la erosión.
- Mejora y aumenta la disponibilidad de los nutrientes para las plantas. El agua que atraviesa la tierra se llevaría los nutrientes solubles, si no fuera porque los complejos arcillo-húmicos retienen, por atracción electrostática, los elementos necesarios para la vida de las plantas (Mg, Ca, K, Na, etc.). De esta forma, los complejos arcillo-húmicos se comportan como una despensa o almacén de nutrientes, de los que la planta puede disponer cuando le son necesarios. A esta propiedad se le denomina **capacidad de cambio**, haciendo referencia al intercambio de nutrientes entre los complejos arcillo-húmicos y el agua de la tierra en la que se hallan disueltos.
- El humus sirve de soporte a multitud de microorganismos, que hacen de la tierra un medio vivo. Estos microorganismos que viven dependiendo de él y contribuyen a su transformación, son tanto más numerosos y activos cuanto mayor cantidad de humus exista. El

humus es verdaderamente el fundamento de la actividad microbiana de las tierras y esta actividad proporciona a las plantas los elementos nutritivos necesarios.

Estas grandes funciones del humus muestran que la tierra le debe la mayor parte de sus cualidades y también su fertilidad.

De todo lo anterior se deduce la gran importancia para las tierras de cultivo del mantenimiento en ellas de una proporción de materia orgánica que garantice su conservación y las mantenga fértiles.

¿Qué es el compost?

De forma tradicional, durante años, los agricultores han reunido los desperdicios orgánicos para transformarlos en abono para sus tierras. Compostar dichos restos no es más que imitar el proceso de fermentación que ocurre normalmente en el suelo de un bosque —pero acelerado, intensificado y dirigido— y en el cual se produce el humus. El abono resultante proporciona a las tierras a las que se aplica prácticamente los mismos efectos beneficiosos que el humus para una tierra natural.

El desarrollo de la técnica de compostaje a gran escala tiene su origen en la India con las experiencias llevadas a cabo por el inglés Albert Howard desde 1905 a 1947. Su éxito consistió en combinar sus conocimientos científicos con los conocimientos tradicionales de los campesinos. Su método, llamado método Indore, se basaba en fermentar una mezcla de desechos vegetales y excrementos animales, y humedecerla periódicamente.

La palabra compost viene del latín **componere**, juntar; por lo tanto compost es la **reunión** de un conjunto de restos orgánicos que sufre un proceso de fermentación y da un producto de color marrón oscuro, inodoro o con



Vínetas del libro "Naturaleza, basuras y reciclaje en la escuela" Tomo I. Libro del maestro. Lorea. Pamplona 1895

olor a humus. El compost madurado es estable, es decir que en él el proceso de fermentación está esencialmente finalizado.

Este abono orgánico resultante contiene materia orgánica (parte de la cual es semejante al humus de la tierra) así como nutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, hierro y otros oligoelementos necesarios para la vida de las plantas.

Es un producto con vida, con una gran densidad y variedad de microorganismos que sintetizan enzimas, vitaminas, hormonas, etc. y que repercuten favorablemente en el equilibrio biótico del suelo.

El compost realizado con basuras debe dar un producto de grano fino, no debe llevar materiales inertes como vidrio y plástico y ha de estar pasteurizado para no contener gérmenes patógenos ni semillas sin germinar.

Transcribimos unos textos de L. Romero procedentes de "El compost como factor determinante para una mejor producción agraria", aparecido en el Boletín de Información del Medio Ambiente (BIMA) nº2 de abril-junio de 1982, del MOPU.

"Debido a su materia orgánica y al humus que se deriva de ella, el compost posee la facultad de enmendar las características físicas del suelo: contribuyendo a la estabilidad de las estructuras de sus agregados (los suelos compactos se sueltan bajo la acción de la materia orgánica y los suelos arenosos se compactan por la misma acción); aumentando su capacidad de retención de agua, lo que le confiere resistencia ante la sequía; mejorando su porosidad, lo que facilita su aireación y, por tanto, la respiración de las raíces; y aumentando la infiltración y la permeabilidad del suelo al mejorar la estructura del terreno.

En resumen, la presencia de la materia orgánica favorece el crecimiento radicular y la retención del agua impidiendo la erosión, con lo que el compost puede combatir el grave riesgo de desertización antes denunciado.

La acción química del compost se manifiesta por su capacidad de intercambio catiónico superior a la de cualquier arcilla. Directamente suministra a las plantas los tres elementos básicos -nitrógeno, potasio y fósforo- presentes en él en porcentajes relativamente pequeños pero muy equilibrados, y hace una importante aportación de oligoelementos tales como hierro, manganeso, zinc, boro, molibdeno, cobre, etc., cuya influencia en el desarrollo de los cultivos se pone cada vez más de manifiesto, ya que son componentes indispensables de la mayoría de los enzimas. Además, por efecto de su oxidación lenta, produce gas carbónico, que contribuye a solubilizar algunos elementos minerales del suelo, facilitando su asimilación por las plantas.

La actividad biológica del suelo se ve favorecida por el aporte de un número importante de bacterias que se encuentran en el compost, pero es sobre todo su riqueza en materia orgánica la que favorece el desarrollo de los microorganismos del mismo suelo, que con su actividad estimulan el crecimiento vegetal, especialmente de las raíces. Esta acción biológica favorece la descomposición de los componentes minerales insolubles, como los fosfatos, que son necesarios para el desarrollo de las plantas; y el nitrógeno soluble, que puede desaparecer fácilmente por lixiviación, es transformado en nitrógeno orgánico en el cuerpo de los microorganismos, de forma que cuando



Montón de compost según el método biodinámico en Tenerife

éstos mueren, quedan de nuevo disponibles para las raíces de las plantas y mientras tanto es menos probable que se pierdan por lixiviación o como amoníaco en el aire".

Estos son en esencia los efectos positivos, pero no conviene olvidar que, demasiado a menudo, algunos abonos orgánicos hechos con basura son de mala calidad y pueden tener efectos negativos en tierras y cultivos, como los que se citan a continuación.

- **Falta de madurez.** Si el compost no ha terminado de fermentar, sus microorganismos pueden captar el nitrógeno de la tierra necesario para la fermentación, privando de él a las plantas.

- **Metales pesados.** El compost puede contener proporciones elevadas de metales pesados, sobre todo si se ha mezclado con lodos de depuradora. Estos elementos necesarios en pequeñas cantidades, al aumentar su concentración pueden resultar peligrosos dado que se acumulan en la tierra y pasan a las cadenas alimenticias.

- **Materiales inertes.** Frecuentemente se hallan plásticos y vidrio que ensucian los campos.

Las características físicas, químicas y biológicas del compost de basura madurado varían de unos casos a otros debido a la diferente composición de los materiales de partida y a los diversos procesos de elaboración. De todas maneras, la mayor parte de los países disponen de una norma de mínimos y máximos para definir el compost.

La norma sobre el compost madurado

En España, la Orden del Ministerio de Agricultura del



Compost por volteo de basuras procedentes de la recogida selectiva en Ermita-gaña (Lorea)

14 de Julio de 1988 (BOE 191 de 10 agosto de 1988) sobre productos fertilizantes y afines, siguiendo las Directivas de la CEE, establece los tipos de abonos destinables a uso agrícola, y entre los orgánicos aparece el compost. Da unas pocas normas:

- Materia orgánica (sobre materia seca): mínimo del 25%.
- Nitrógeno orgánico (sobre materia seca): mínimo del 1%.
- Humedad menor del 40%.
- Granulometría: el 90% pasará por la malla de 25mm.
- Límites máximos de metales pesados, en ppm o mg/kg: cadmio 40, cobre 1.750, níquel 900, plomo 1.200, cinc 4.000, mercurio 25 y cromo 750.

En Suiza, un Reglamento de 1971 establece tres calidades de compost: en el de 1ª calidad el 99% debe pasar por un tamiz de 4 mm.; en el de 2ª, el mismo porcentaje por tamiz de 6 mm.; y en el de 3ª, el 98,5% por tamiz de 8 mm. Los materiales inertes presentes en el compost no pueden sobrepasar el 1% (véase en la Primera Parte de este libro, dentro de "Planificar la recogida comarcal", el recuadro con la propuesta de normas sobre compost que sugerimos).

TABLA 17

| VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS DE METALES PESADOS | | | | | | | |
|---|---------------------|---------------------|---------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------------------|
| | Francia (Pommel) | Alemania (Rohde) | Bélgica | CEE ¹ | Bélgica ² | Bélgica ³ | EE.UU. (Coker et al. 1981) |
| Pb | 594 | 600 | 760 | 50 | 300 | 500 | 500 |
| Cu | 250 | 250 | 220 | 50 | 50 | 500 | 500 |
| Zn | 1.000 | 1.000 | 1.090 | 150 | 300 | 1.000 | 1.250 |
| Cr | 27 | 66 | 130 | 50 | 25 | 200 | — |
| Hg | 4 | — | 3 | 2 | 5 | 5 | 5 |
| Cd | 7 | 13 | 4 | 1 | 5 | 5 | 12 |
| Mn | 600 | — | 550 | — | 400 | 500 | — |

Resultados expresados en mg/Kg de materia seca.

¹Indicaciones sobre metales en el suelo.

²Cultivos alimentarios.

³Cultivos no-alimentarios.

Revue de l'Agriculture n° 4 vol. 35 (julio-agosto de 1982) pág. 2844-2846.

TABLA 18

| COMPOSICIÓN QUÍMICA DE VARIOS TIPOS DE COMPOST | | | | |
|--|-------|------|-------|------|
| | A | B | C | D |
| pH | — | 8,1 | 7,8 | 8,6 |
| %humedad | 27,6 | 26,1 | 35,0 | 35,8 |
| C/N | 12,5 | 13,9 | 15-20 | 8,9 |
| Materia orgánica | 57,25 | — | — | — |
| Carbono (C) | 14,1 | 18,4 | 15,0 | 14,6 |
| Nitrógeno (N) | 1,5 | 1,4 | 0,9 | 1,6 |
| Fósforo (P ₂ O ₅) | 1,4 | 2,3 | 0,6 | 1,4 |
| Potasio (K ₂ O) | 1,3 | 0,4 | 0,3 | 0,4 |
| Sodio (Na) | — | — | — | 0,2 |
| Calcio (Ca) | — | 3,7 | 4,0 | 6,3 |
| Magnesio (Mg) | 1,2 | 0,2 | — | 5,1 |

A de basuras; media de varias muestras de la Planta de Valdemingómez. ADARO. Madrid, 1984.

B de basura (Ref. P. Jiménez. M. Pujolá. Barcelona, 1984).

C de basura (Ref. Juste. Francia, 1977).

D de lodo no digerido-basuras (Ref. M. J. Bonilla, M. Pujolá, M. Soliva. Barcelona, 1982).

Las cifras de materia orgánica y elementos químicos son % sobre materia seca. Ver en pág. 43 la composición del compost de Lorea.

Al comparar varios tipos de compost, conviene prestar atención a si los datos referentes a materia orgánica y nutrientes vienen dados en porcentajes sobre materia seca o materia húmeda. Conociendo la humedad, se puede transformar unos en otros mediante una sencilla operación matemática. Al agricultor seguramente le interesará conocer el porcentaje sobre materia húmeda, puesto que así lo está comprando y echando a la tierra.

El proceso de compostaje

Es un proceso biótico, es decir llevado a cabo por seres vivos. Las reacciones son fermentaciones principalmente aerobias, o sea realizadas en presencia de oxígeno del aire, que necesitan también humedad.

Durante la fermentación hay un consumo de materia orgánica, fundamentalmente glúcidos, desprendiéndose dióxido de carbono (CO₂) y calor, por lo que la temperatura de la masa se eleva. Paralelamente los microorganismos sintetizan productos orgánicos más complejos, produciéndose al final, entre otros, materiales húmicos, esencialmente estables y de difícil o muy lenta descomposición.

El proceso de compostaje es una versión acelerada y controlada de la fermentación que se produce en la tierra de los bosques. Para ello, en los sistemas de fermentación lenta, los restos orgánicos se colocan en pilas de al menos metro y medio de alto, pues siempre es necesario un mínimo de masa crítica por debajo de la cual no se consiguen las condiciones necesarias, sobre todo de temperatura. Manteniendo la masa en las condiciones de aireación y humedad adecuadas, en el proceso de fermentación se distinguen las siguientes fases:

- *Fase de latencia y crecimiento.* Es el tiempo que necesitan los microorganismos para aclimatarse a su nuevo medio y comenzar a multiplicarse. Esta fase suele durar de 2 a 4 días y al final de ella la temperatura alcanza más de 50 °C.
- *Fase termófila.* Los microorganismos iniciales son sustituidos por otros que viven a temperaturas altas (termófilos). En esta fase, debido a la alta actividad bacteriana, se alcanzan las temperaturas más elevadas (de 50 a 70 °C) lo cual elimina gérmenes patógenos, larvas y semillas. La mayor parte de la materia orgánica fermentable se transforma, por lo que la masa se estabiliza. Esta es la fase que más se debe vigilar para asegurar una buena pasteurización y evitar una excesiva mineralización si se prolonga demasiado. Dependiendo del producto de partida y las condiciones ambientales, este proceso suele durar entre una semana, en los sistemas acelerados, y de uno a dos meses en los de fermentación lenta.

- *Fase de maduración.* Es un período de fermentación lenta. Los microorganismos termófilos disminuyen su actividad y aparecen otros, como hongos, que continúan el proceso de descomposición: los basidiomicetos van degradando la lignina, los actinomicetos descomponen la celulosa, etc. En esta fase, a partir de componentes orgánicos, se sintetizan coloides húmicos, hormonas, vitaminas, antibióticos y otros compuestos que favorecerán el desarrollo vegetal. Si la fermentación se realiza encima de la tierra, entran en la masa del com-



Triturador de residuos vegetales para la elaboración de compost

post otros descomponedores como las lombrices, que actúan positivamente. Durante el proceso de fermentación es conveniente vigilar una serie de condiciones de las que dependerá la buena marcha del mismo y la calidad del abono orgánico obtenido. Veamos a continuación una serie de ellas.

La composición del material de partida. La relación carbono/nitrógeno y otros parámetros

El carbono y el nitrógeno son dos elementos esenciales para la nutrición de cualquier organismo y se han de encontrar en unas proporciones determinadas para una buena fermentación. El parámetro que mide esta proporción se llama relación carbono/nitrógeno (C/N). Si el material de partida es muy rico en carbono y pobre en nitrógeno (relación C/N alta), el proceso de fermentación será lento, las temperaturas no subirán suficientemente y se perderá el exceso de carbono en forma de dióxido de carbono. Si por el contrario, el material es rico en nitrógeno (relación C/N baja), se producirán pérdidas de este elemento en forma de amoníaco (NH_3).

Los valores de la relación C/N del material a fermentar han de estar entre 25 y 35 para que pueda darse una buena fermentación. Si son más altos, se ha de añadir materiales ricos en nitrógeno, como estiércoles y lodos de depuradora; y si son más bajos, habrá que compensar la mezcla, añadiendo componentes ricos en carbono, como paja y otros.

Materiales ricos en nitrógeno

- Lodos de depuradora de aguas residuales.

- Excrementos de animales, especialmente de conejos y de aves.
- Materia vegetal fresca de todo tipo.
- Restos de animales.

Materiales ricos en carbono

- Paja y hojas secas.
- Serrín y virutas de madera.
- Materia vegetal seca en general.

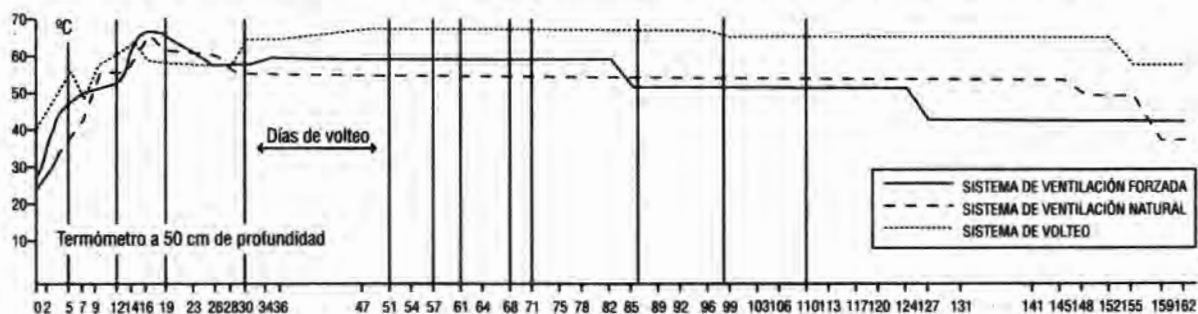
La materia orgánica de la basura tiene normalmente una relación C/N de 30 a 40 y por sí sola puede fermentar, aunque admite muy bien la mezcla de lodos y estiércoles.

Durante el proceso de fermentación se producen pérdidas de carbono en forma de CO_2 , por lo que la relación C/N irá disminuyendo hasta alcanzar un valor entre 12 y 18.

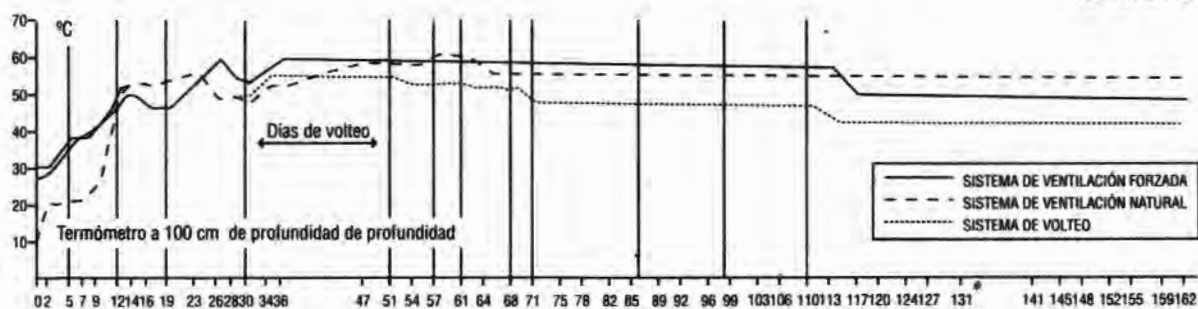
Aunque también depende del material de partida, si el valor final es inferior, supone que el compost se ha mineralizado excesivamente, y si es muy alto, puede indicar que no se ha descompuesto suficientemente. La estabilidad de este valor es un buen indicio de que la fermentación ha finalizado y el compost ha madurado.

Es importante el tamaño de las partículas del material de partida. Aunque no es necesario, normalmente la materia orgánica de las basuras se suele moler. Es preciso vigilar el grado de trituración, puesto que un tamaño pequeño de las partículas supone mayor superficie de ataque, y por tanto fermentaciones más rápidas y homogéneas. Sin embargo, si el tamaño es excesivamente pequeño pueden originarse problemas de com-

EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA A LO LARGO DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN EN TRES SISTEMAS DE COMPOST



Fuente: ADARO.



pactación excesiva que impiden la necesaria aireación.

La **aireación** es necesaria para garantizar el proceso aerobio, tanto para suministrar oxígeno como para que pueda desprenderse el dióxido de carbono producido. La aireación deficiente retrasa la fermentación aerobia, origina procesos de fermentación anaerobia, con sensibles pérdidas de nitrógeno y carbono, malos olores y temperatura baja, efectos éstos que sirven de indicadores de la necesidad de aireación. Existen diversos métodos de aireación que se analizarán más adelante.

La **humedad** óptima es del 50%, que al final del proceso ha de bajar hasta 30 o 40%. La humedad es necesaria para la vida de los microorganismos. Un defecto de humedad provocará una sensible disminución de la actividad microbiana, por lo que se paralizará la fermentación y bajará la temperatura. Un exceso de humedad también tiene consecuencias negativas, pues dificulta la circulación del oxígeno y puede provocar fermentaciones anaerobias. La humedad se suele medir calentando una muestra en una estufa a 75 °C hasta que el peso de la muestra se vuelve constante, y restando el peso inicial. Con la práctica se puede conocer de forma aproximada apretando un puñado en la mano: el compost debe quedar ligeramente compactado pero sin que escurra agua, marcándose en él la huella de la mano.

Dada su facilidad de medición y su relación con el proceso de fermentación, la **temperatura** es el parámetro que más se usa para vigilar la fermentación. Durante los primeros días debe elevarse rápidamente hasta los 60 o 70 °C, comenzando posteriormente a estabilizarse y bajar lentamente hasta 40 o 50 °C. Cuando no se eleva hasta esos niveles, indica que la fermentación no marcha bien. Si las temperaturas bajas son acompañadas de malos olores, es señal de fermentaciones anaerobias. Las causas de las temperaturas bajas, consecuencia de una deficiente fermentación aerobia, pueden ser un

defecto de aireación por excesiva compactación de la masa o exceso de humedad, bajo contenido en nitrógeno (relación C/N alta), o excesiva sequedad de la masa.

Las temperaturas altas (mayores de 65 °C) prolongadas, no son convenientes, pues pueden ocasionar una especie de suicidio bacteriano que frena la fermentación y también pérdidas de nitrógeno. Las medidas de temperatura suelen realizarse a diferentes profundidades mediante termómetros "caña" especiales.

La **acidez** o pH es un factor menos importante de vigilar. Suele ser ligeramente ácido al inicio (cerca de 6), neutro hacia la mitad del proceso y algo alcalino (7 a 8) al final. Valores más altos (alcalinos) pueden provocar pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco.

En el proceso de fermentación unos organismos van sustituyendo a otros. La riqueza en microorganismos favorables para las tierras y, a la par, la ausencia de los patógenos, determina la **calidad biológica** del abono final. Si en la fermentación se han producido las temperaturas deseadas, la masa se habrá pasteurizado y se habrán eliminado los microorganismos patógenos para las personas, animales y plantas. Una temperatura homogénea y no excesivamente continuada de 60°C es suficiente para eliminar los gérmenes patógenos, como indica INYPSA:

| | |
|--------------------------------------|--|
| <i>Salmonella typhosa</i> | muere en 30 min. a 55-60° C |
| <i>Salmonella</i> sp. | muere en una hora a 55° C |
| <i>Shigella</i> sp. | muere en una hora a 55° C |
| <i>Escherichia coli</i> | desaparece en 20 minutos a 60° C |
| | y la mayoría muere en una hora a 55° C |
| <i>Entamoeba histolytica</i> | muere en pocos min. a 45° C |
| <i>Taenia saginata</i> | muere en pocos minutos a 55° C |
| <i>Trichinella spiralis</i> | muere al instante a 60° C |
| <i>Streptococcus pyrogenes</i> | muere en 10 min. a 55° C |
| <i>Micobacterium tuberculosis</i> | |
| var. <i>hominis</i> | muere en 15-20 minutos a 60° C |

Si existe humedad suficiente, las semillas que pudieran contener los residuos germinarán y morirán al subir la temperatura a 60°C.

Se considera que un compost es **maduro** cuando la fermentación prácticamente está paralizada y el producto se puede considerar estable. Un compost poco maduro puede provocar la acaparamiento de nitrógeno de las tierras. Si esto sucede cuando la tierra está sin cultivos, no hay problema, puesto que ese nitrógeno será devuelto, pero las consecuencias pueden ser negativas si se aplica cuando hay cultivo.

Existen varios métodos para comprobar la madurez; uno ya mencionado es la estabilidad de los valores de la relación C/N. Otra forma es comprobar la estabilidad y la temperatura introduciendo el compost en una cámara aislada térmicamente: si la temperatura se eleva, es un indicio de que continúan los procesos de fermentación. Existen otros métodos como pruebas de germinación, demanda de oxígeno, morfocromatografía, etc.

Dos cosas son necesarias para elaborar un compost de calidad a partir de la fracción orgánica de la basura: la separación de la materia orgánica del resto de la basura y el método de fermentación.

La separación de la materia orgánica del resto de la basura

Un buen compost no debe llevar materiales que no provengan de la materia orgánica. La composición de la basura es cada vez más compleja y es preciso la separación de la fracción orgánica de la inerte. En la mayoría de los casos, la separación se realiza antes de iniciarse la fermentación, en otros ésta se realiza con toda la basura mezclada y se criba después.

La **separación mecánica previa** es el sistema utilizado en la mayoría de las plantas industriales. Consiste en la rotura de bolsas, el molido de la basura y la separación por diversos procedimientos (cribado, magnético, etc.).

Además de materiales orgánicos, en la mayoría de las plantas también se recuperan las latas, parte del plástico y del papel, aunque este último puede destinarse a engrosar la fracción orgánica. Por lo general, sobre todo en el caso del plástico, estos materiales "inertes" se separan manualmente. Además en todas las plantas se recoge una fracción llamada rechazo, que es la parte no recuperable formada por vidrio pulverizado y trozos de plástico mezclados con materia orgánica, etc. El rechazo se entierra o —en pocos casos— si tiene valor energético se convierte en briquetas combustibles. El porcentaje de rechazo es variable y suele aumentar al querer aumentar la calidad del abono final.

La tecnología no es complicada, pero este tipo de separación tiene los inconvenientes de un consumo energético relativamente elevado y de que la separación no es perfecta, pues los elementos inertes más pesados y reducidos, como vidrio roto, pilas, algunos plásticos, etc., acompañan a la materia orgánica. Para evitar la presencia de estos materiales, en algunas plantas, una vez se ha realizado la fermentación, el material se somete a una nueva separación en una dechinadora, lo que además de mejorar la calidad del abono, aumenta costes

y reduce el rendimiento. En otras plantas se están utilizando máquinas desgarradoras de bolsas en lugar de molinos de martillos, para evitar la rotura del vidrio y poderlo separar. De más difícil solución parece el problema de los productos tóxicos contenidos en pilas y medicamentos que terminan en el compost y pueden dar lugar a concentraciones elevadas de metales pesados y otras sustancias peligrosas.

Se puede concluir que la separación mecánica tiene una serie de limitaciones y que intentar mejorar el rendimiento de la separación implica disminuir el rendimiento de la producción de abono y unos costes energéticos y de instalación más elevados.

La **fermentación sin separación** de los elementos inertes o solamente eliminando las latas por medios magnéticos, se está efectuando en algunos casos. Las bolsas se rompen y se desmenuza la basura por diversos procedimientos, desde con un sencillo motocultor o tractor con fresa que pasa por encima de las bolsas, hasta otros más complejos. Luego se procede a la fermentación en montones. Al final, debido a la pérdida de humedad y al menor tamaño de los gránulos de los materiales orgánicos respecto a los originales, éstos se criban fácilmente para separarlos del material inerte.

Las ventajas de este método radican en los sensiblemente menores costes de instalación, mantenimiento y consumo de energía. Los inconvenientes se hallan en que los materiales inertes separados después de la fermentación son más difícilmente recuperables, especialmente el plástico, y sobre todo la mayor desventaja es que la fermentación de la materia orgánica mezclada con todo tipo de materiales, puede contaminar el abono con metales pesados y otras sustancias tóxicas. A pesar de los claros inconvenientes, reducibles si se evita arrojar a las basuras sustancias tóxicas, el método es de interés desde el punto de vista de evitar la costosa tecnología de las plantas de separación.

La mayor planta de compost de Holanda, una de las pocas que no han cerrado en los últimos años, que trata 100.000 toneladas al año de basura de la ciudad de La Haya, utiliza este sistema. En Córdoba se ha experimentado un sistema de recuperación de algunos materiales sin necesidad de pasar por las costosas plantas de separación, para ello las basuras de esta ciudad eran depositadas en una explanada, donde una máquina móvil



Compost de basura sin separación previa en el vertedero de alta densidad de Córdoba

TABLA 19

| CONTENIDO DE METALES EN VARIAS MUESTRAS DE COMPOST MADURADO | | | | | | | | | |
|---|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Compost de Lorea | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ | C ₅ | C _A | C _B | C _C |
| Pb | 163 | 195 | 210 | — | — | — | 290 | 320 | 594 |
| Cu | 85 | 145 | 30 | 52 | 48 | 670 | 300 | 250 | 250 |
| Zn | 178 | 717 | 530 | 241 | 219 | 2.123 | 770 | 1.000 | 1.000 |
| Cr | — | 82 | 75 | — | — | — | — | — | 271 |
| Fe | 13.275 | 5.000 | 5.300 | 1.140 | 1.510 | 6.875 | — | — | 2.200 |
| Mn | 225 | — | — | — | — | — | — | — | — |

Análisis del CSIC de El Cortijo del Cuarto (Sevilla), de compost hecho con la materia orgánica separada por los vecinos del barrio de Pamplona, Ermitagaña (compost de Lorea) y de una planta con separación mecánica (C1 a CC).

pasa sobre ellas rompiendo las bolsas y desmenuzando la basura. De forma manual se recogían los plásticos y cartones más voluminosos para su recuperación. Posteriormente una pala amontonaba la basura para que fermentase, y al cabo de cierto tiempo se almacenaba en el vertedero. También se ha experimentado en esta ciudad la separación de la materia orgánica de la inerte por medio de la lombricultura; las lombrices, al alimentarse de aquella, a la par que mejoran su calidad, reducen considerablemente el tamaño de los granos, facilitando la separación posterior.

Los métodos de fermentación

Los diferentes métodos tratan de asegurar unas condiciones de temperatura, humedad y aireación próximas a las óptimas para desarrollar el proceso.

Existen más de veinte métodos diferentes, agrupables en dos categorías principales: los de fermentación lenta, realizados al aire libre, y los de fermentación acelerada en cámaras cerradas.

Los métodos al aire libre o de fermentación lenta son los más utilizados; en ellos, los restos orgánicos previamente triturados se apilan en montones de forma y dimensiones determinadas. En la Planta de Valdemingómez (Madrid) las pilas son de sección triangular de 3 m. de ancho y 2,5 m. de alto.

Dependiendo del sistema de aireación que se emplea, distinguimos tres métodos: volteo, ventilación natural y ventilación forzada.

En el método de **volteo**, la aireación de la masa se consigue por medio de volteos periódicos efectuados con un tractor-pala o con maquinaria especializada (compostadoras) que a modo de una cosechadora atacan al montón de frente, saliendo por detrás la materia aireada y con la forma deseada. Es conveniente que el suelo sea firme para impedir que el compost se mezcle con el barro del suelo. La periodicidad del volteo depende de lo compacto de la masa y de su humedad; la temperatura o medición de la concentración de oxígeno indican la conveniencia de hacerlo. Por lo general, inicialmente se voltea una vez por semana, disminuyendo la periodicidad al final del proceso, cuya duración varía en función del clima.

El proceso es simple y no es costoso. El principal inconveniente es que la fermentación puede no ser uniforme al quedar zonas más aireadas que otras si no se voltea a conciencia, en el caso en que se efectúe con tractor-pala. Por otra parte, al quedar las capas superfi-

ciales a temperaturas bajas, no se da una pasteurización completa.

La **ventilación natural** consiste en no mover los montones durante la fermentación y facilitar la aireación de la masa mediante varios sistemas: un molido más basto de la materia orgánica, unas dimensiones menores de los montones para facilitar la penetración del aire, o bien la instalación vertical, cada tres o cuatro metros, de unas tuberías agujereadas que hagan de chimeneas.

Al no efectuarse volteos, se puede cubrir el montón con compost madurado que hace de aislante, con lo que se consiguen temperaturas más homogéneas, que posibilitan una mejor pasteurización. Esta capa también aísla la masa de roedores e insectos.

Al no utilizar maquinaria, nada más que para la carga y la retirada del compost, la fermentación puede efectuarse sobre la tierra, lo que permite el acceso de lombrices en las últimas fases de la misma, con lo cual disminuye el tamaño de los gránulos y el abono se enriquece con enzimas y microorganismos, lo cual también indica su madurez.

El proceso es más lento que el de volteo, pero el principal inconveniente es que la aireación es desigual y en el centro del montón pueden formarse fermentaciones anaerobias por falta de oxígeno. Las ventajas, dada la sencillez del proceso son evidentes; además proliferan hongos como basidiomicetos y actinomicetos -beneficiosos para la tierra- ya que al no moverse la masa no se rompen sus hifas (los largos filamentos fúngicos).

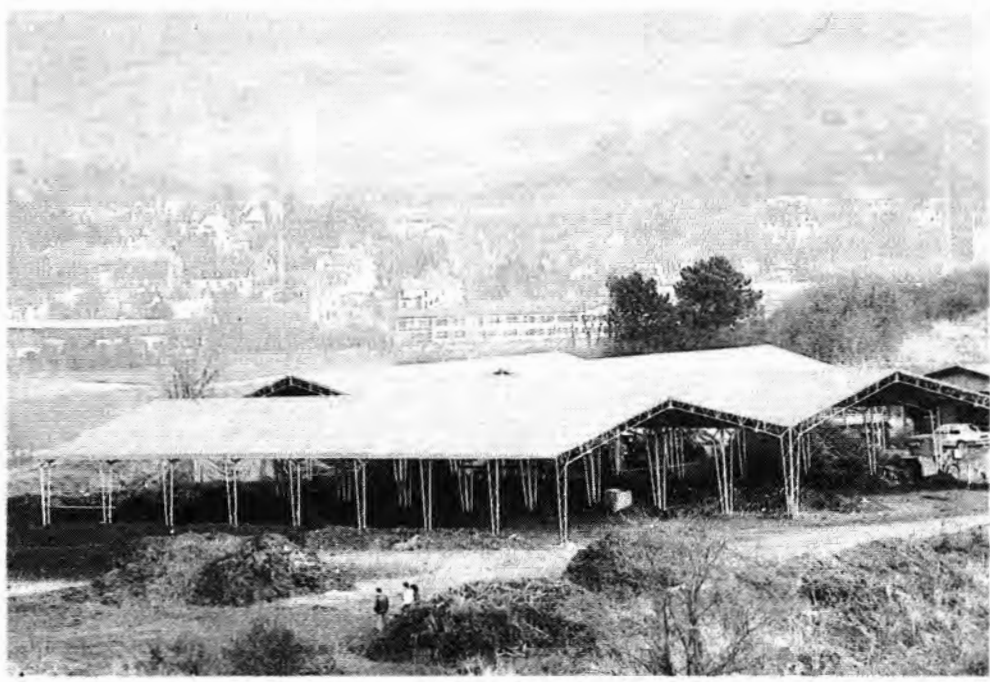
En la **ventilación forzada**, hecha por diversos proce-



Compostador de materia orgánica procedente de la recogida selectiva de basuras en Ciudad de Guatemala. El compost de la construcción superior se voltea a la interior.



Elaboración de compost en la RFA, de basuras procedentes de la recogida selectiva según el método Biotonne. Arriba a la izquierda trituradora en funcionamiento. A la derecha máquina volteadora móvil remolcada por un camión, que es compartida por varias poblaciones. Cambia de posición los materiales dentro del montón de compost, colocando las capas más exteriores en el interior y viceversa, para lograr la fermentación completa. Foto central, otra vista de esta útil máquina. Abajo, instalación cubierta de fermentación de este tipo de compost, en Witzzenhausen. Fotos: Müll Fehr (central: CEPA).



UN COMPOSTADOR SOLAR DE AIRE FORZADO

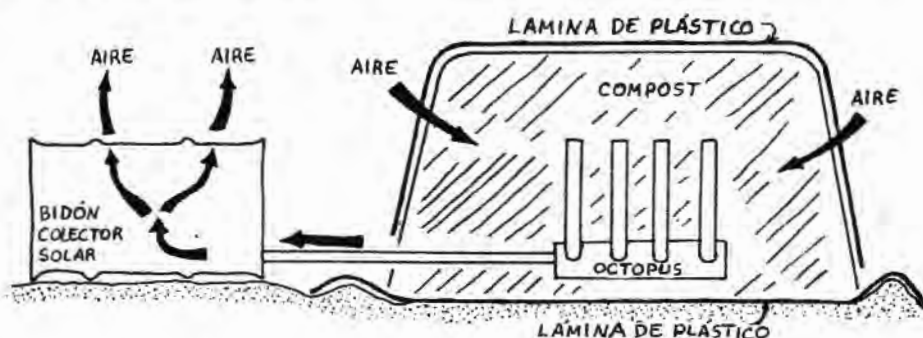
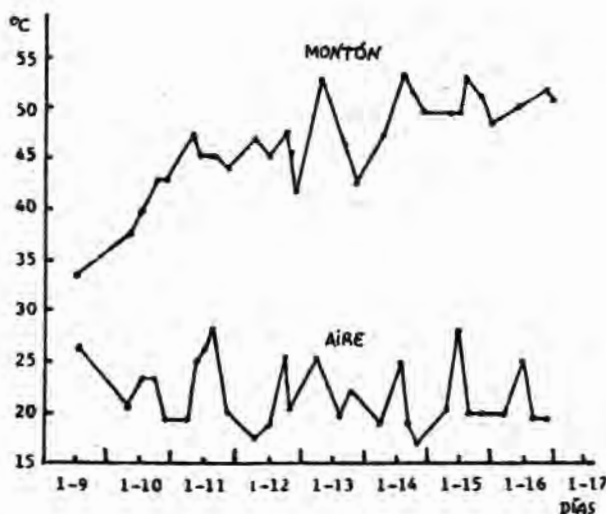
Para demostrar las ventajas del compostaje por aireación forzada, hemos desarrollado y analizado una versión modificada del sistema Beltsville. Las modificaciones consisten en un colector solar para introducir aire a través del montón y una lámina de plástico para mantener la humedad y recoger la lluvia que pueda caer durante las breves tormentas tropicales. La utilización del colector solar en lugar de un ventilador eléctrico disminuye los costes y los problemas de mantenimiento en las regiones tropicales, donde la naturaleza corrosiva del aire salado daña fácilmente la maquinaria. El colector consiste en un bidón de 200 litros pintado de negro y con 5 pares de agujeros de 1 cm. de diámetro, taladrados en el lado que mira arriba, estando tumbado. Un tubo conecta el bidón a una estructura de madera de la que parten 8 tubos de 45 cm. y 2,5 cm. de sección: el llamado octopus.

Antes de construir el montón, se coloca una lámina de plástico en el suelo y se amontona tierra bajo los bordes de manera que se forme un caballón que retenga el agua de lluvia y la envíe al centro de la lámina de plástico. El octopus se coloca en el centro de la lámina de plástico y sobre él el montón de materiales picados. Se vierten sobre el montón unos pocos litros de agua y se cubre luego con otra lámina de plástico para dar una superficie de condensación que le devuelva este agua (la lámina superior actúa como un "condensador" de rocío).

El bidón de 200 litros se coloca de manera que sea máxima su exposición al sol. El calentamiento del bidón aumenta la temperatura del aire de su interior, el cual sale por los agujeros hacia la atmósfera y succiona aire a través del montón vía el octopus. Durante dos semanas de funcionamiento se midieron las temperaturas del aire y del montón (figura 2) y fueron semejantes a las obtenidas por el sistema Beltsville con aspiradores.

El día diez se perforó el centro de la pila y se tomó una muestra. El material estaba en pleno proceso de descomposición y se observaba gran crecimiento de actinomicetes.

La muestra analizada daba 7 de pH; 20 ppm. de fósforo; 75 ppm. de nitrógeno en forma de nitratos; 200 ppm. de potasio; calcio y cloro negativos. Estos datos, junto a su capacidad de retención de agua, indican claramente que la adición de tal material a las tierras arenosas y salinas de las Bahamas puede beneficiar mucho a la agricultura indígena. El procedimiento es simple, relativamente libre de mantenimiento y muy ecológico. Con pocas modificaciones puede proporcionar continuamente un excelente abono y servir como una excelente alternativa al método de "roza y quema" comunmente utilizado en los trópicos (en el clima más templado de Connecticut da excelentes resultados).



Texto y gráficos de Biocycle. Journal of Waste Recycling. Rodale Press. Emmaus. Pennsylvania., EE.UU. Marzo de 1986. Pág.45. Vol.27 nº3. Traducción: Blanca Yoldi.

dimientos como tubos de plástico perforados, una instalación fija en el suelo u otros, se inyecta o se succiona aire intermitentemente con el fin de facilitar la oxigenación de la masa. El paso del aire se regula con un reloj que conecta periódicamente un ventilador, o bien, cuando ya ha subido la temperatura, mediante un termostato que conecta el ventilador cuando ésta sobrepasa los 55° o 60°.

Al igual que en el método de ventilación natural, el montón puede cubrirse con una capa aislante de compost madurado y también se puede colocar directamente sobre la tierra.

Al no faltar oxígeno y vigilarse la temperatura a determinados niveles, la fermentación es más rápida y homogénea. El nitrógeno pasa a nitrato y disminuyen sus pérdidas en forma de amoníaco.

En su planta de Valdemingómez de Madrid, ADARO está experimentando con estos tres métodos y, a la vista de los resultados de los análisis, en el "Proyecto de obtención de compost y aplicación en cultivos" publicado por el MAPA en 1984, concluye que, aunque no existen grandes diferencias entre los tres métodos, "el sistema de ventilación forzada es el más rápido, regular y cuyo control es más efectivo. El coste es menor que en el volteo..."

La **fermentación acelerada en cámara cerrada y aislada** consiste en hacer recircular el aire por la masa, lo que permite alcanzar temperaturas altas de forma mantenida, acelerando la fermentación y reduciendo el tiempo necesario. La variante más utilizada es la llamada DANO, en la que se introduce la basura mezclada en un gran tambor giratorio horizontal en continuo movimiento y en el que a veces, en lugar de aire, se introduce agua o vapor. La basura suele permanecer en el tambor durante 48 horas, y posteriormente se separan los materiales inertes y la fermentación de la materia orgánica prosigue en montones.

Las ventajas del método son una buena pasteurización del compost y mayor rapidez y control de la fermentación (lo que implica ahorro de espacio). Sus inconvenientes son los elevados costes de instalación y mantenimiento y, lo que también es importante, puesto que las prisas son malas consejeras en los procesos vivos, una menor calidad biológica del abono final.

Dadas las diferencias de costes de instalación y funcionamiento, y teniendo en cuenta la calidad biológica, podemos afirmar que a la hora de fermentar basuras son preferibles los métodos estáticos en montones frente a la fermentación acelerada, sobre todo cuando las lluvias no son demasiado abundantes.

En climas muy lluviosos, donde por exceso de humedad se pueden producir fermentaciones anaerobias, el sistema DANO al acelerar el inicio de la fermentación aerobia, elimina en parte estos inconvenientes, pero también pueden evitarse instalando buenos sistemas de aireación en los montones.

La única ventaja de estos métodos de tecnología más complicada y cara es el ahorro de espacio, que por otra parte no es excesivo en la fermentación lenta en montones: aproximadamente 0,5 Ha. para 25 toneladas diarias (la producida por 30.000 habitantes), o 3,5 Ha. para 300 Tm/día (350.000 hab.) como afirma Clarence G. Golue-

ke en "Selection and Adaptation of a Compost System", citado en el trabajo de ADARO Y MAPA.

Se llama **fermentación en superficie** al procedimiento de aplicar basuras sin fermentar o compost fresco (inmaduro) directamente sobre las tierras. Dado que durante el proceso de la descomposición los minerales bloquean el nitrógeno disponible para el cultivo, esta práctica no puede aplicarse durante periodos de cultivo y debe realizarse cuando la tierra esté descansando. Si la tierra en cuestión tiene una abundante población de descomponedores, especialmente lombrices, el proceso es bastante rápido y en dos o tres meses puede volverse a cultivar. La función de las lombrices se explica más detalladamente en el apartado dedicado al vermicompost.

Según diversos trabajos, la fermentación en superficie —a medio y largo plazo— tiene repercusiones positivas en el equilibrio ecológico de la tierra.

La fermentación de basuras mezcladas con lodos de depuradoras

Ha aumentado en los últimos años al instalarse numerosas depuradoras de aguas residuales urbanas. El lodo de depuradora, considerado hasta tiempo reciente un residuo a eliminar, es un producto rico en nitrógeno y susceptible de dar un buen abono.

La principal dificultad para fermentar los lodos es su carácter de masa compacta, lo que impide una aireación adecuada. Para mejorar la fermentación disminuyendo su humedad y aumentando la porosidad, se suelen mezclar con ciertos materiales voluminosos, que pueden ser sustancias resistentes a la fermentación, como trozos de neumáticos, astillas de pino, etc. que se separan por cribado una vez realizada la fermentación, o bien residuos susceptibles de fermentar, como desechos agrícolas tipo paja o mazorcas de maíz, cuyo contenido en carbono equilibra la riqueza en nitrógeno de los lodos, o compost de basura urbana total o parcialmente fermentado.

En algunos lugares, los lodos fermentados con agujas y cortezas de pino se emplean como sucedáneos de la turba. A esto se le debería prestar más atención, puesto que en España, en 1984, se importó turba por valor de más de 400 millones de ptas. La Escuela de Agricultura de la Diputación de Barcelona investiga esta línea.

La fermentación conjunta de lodos y basuras urbanas está cobrando actualidad y se investiga en diversos países europeos. En España, debido a las todavía pocas depuradoras en funcionamiento, el proceso aún está en sus inicios. Este sistema tiene las ventajas de poder reciclar los dos residuos urbanos en un mismo proceso, con el consecuente ahorro de costes.

El principal inconveniente, debido a los residuos industriales y de algunos productos domésticos, es que los lodos suelen estar contaminados con metales pesados, lo que hace a este abono inapto para la agricultura. Solo una legislación y vigilancia estricta sobre los vertidos industriales para evitar que vayan productos tóxicos a las depuradoras, puede asegurar en el futuro el aprovechamiento de este residuo para enriquecer la tierra. De todas formas, podría ser apto para silvicultura.

El vermicompost

En la descomposición natural intervienen de forma decisiva las lombrices, que con su actividad contribuyen a liberar los elementos esenciales y ponerlos a disposición de nuevo para las plantas.

Las lombrices son seres saprófagos, es decir que se alimentan de materia orgánica en descomposición; ninguna especie está estrechamente especializada, pero todas tienden a consumir un alimento particular: hojas o raíces muertas y, en general, materia orgánica incorporada a la tierra.

A pesar del desconocimiento general que rodea a las lombrices, están presentes en la proporción de 500 a 2.000 kg/Ha de tierra agrícola y constituyen la tercera biomasa mayor después de las plantas y los microorganismos.

La influencia de esta importante población de lombrices, puede resumirse en las tres funciones que desempeña:

Función metabólica. Las lombrices degradan los restos vegetales liberando los elementos químicos (N, P, K, Ca, Mg, etc.) que contienen. Esta acción, inversa a la síntesis efectuada por las plantas, es también indispensable porque la acumulación de materia orgánica bajo la forma de hojas y raíces muertas, constituye un almacén de elementos minerales no disponibles para las plantas. La "mineralización" de los restos vegetales es más rápida cuando intervienen lombrices.

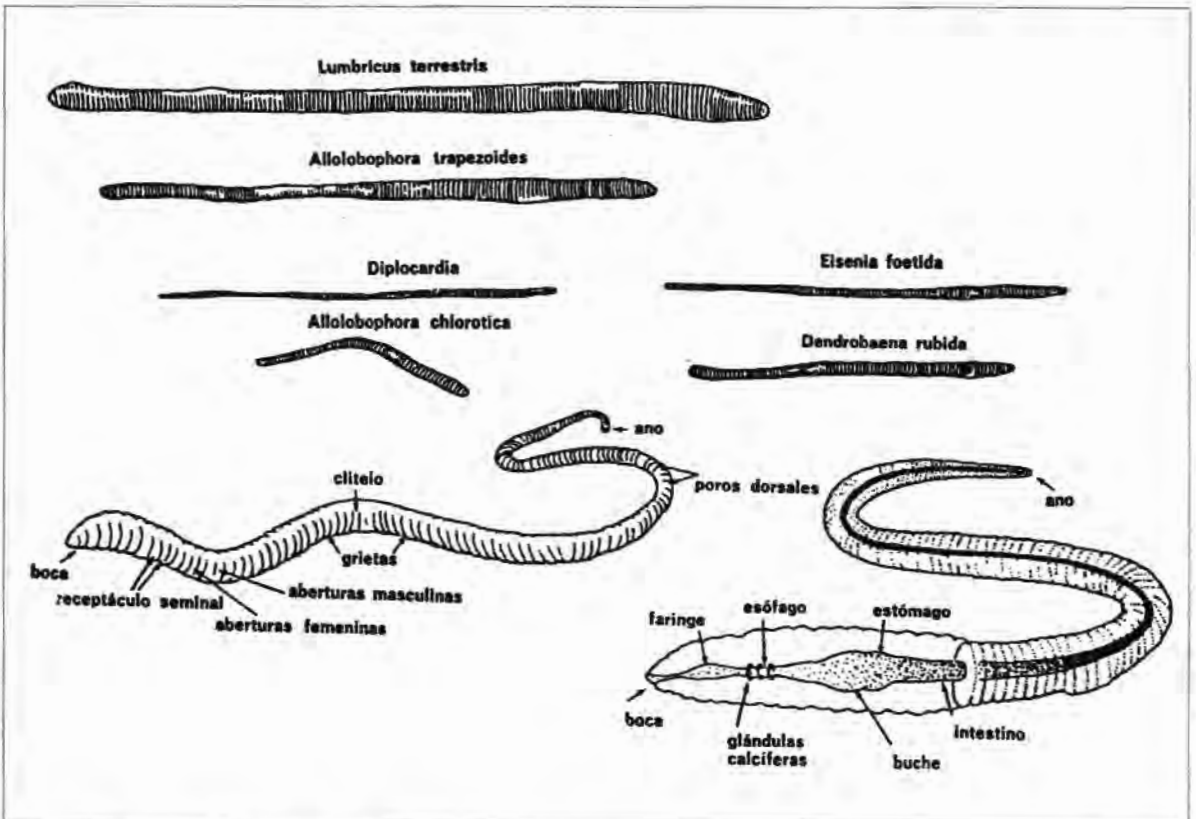
Función mecánica. Es considerable y tiene lugar casi todo el año en presencia de vegetación. No ocurre en verano ni cuando hay heladas.

Las lombrices, para alimentarse y cavar sus galerías, mezclan internamente la tierra mineral y la materia orgánica procedente de los restos vegetales, y las arrojan dentro de la tierra o sobre su superficie, después de hacerlas pasar por su intestino. Se conoce mal la cantidad de tierra removida anualmente por las lombrices, pero en los terrenos que posean una población normal, se calcula que los 20 o 25 primeros cm. de la tierra están acribillados por sus túneles.

Función biótica. Estimulan la microflora del suelo y el número de microorganismos se duplica o triplica gracias a sus actividades mecánicas y aireadoras. Un estudio efectuado en 1971 por Alhavinyte y colaboradores sobre cultivos en tientos, mostró que bajo la influencia de lombrices se multiplicaban por tres e incluso por cinco los microorganismos en la tierra, aumentó el 133% la vitamina B12 en el suelo y hasta el 255% la producción de cebada.

La importancia de las lombrices en la tierra, su medio natural, es real. Posiblemente por su modo de tratar los residuos vegetales, los investigadores se han fijado en ellas a la hora de buscar soluciones para reciclar la materia orgánica procedente de las basuras, los lodos de las depuradoras, estiércoles, etc.

Sólo algunas especies de lombrices son idóneas para el tratamiento de las basuras, y el criador debe ser capaz de mantener su rendimiento y tasa de reproducción en cautividad. Las especies comunmente utilizadas en cría son *Eisenia foetida*, *Lumbricus rubellus* o híbridos próximos a estas especies, más resistentes a unos márgenes de temperaturas más amplios. Estas lombrices son



Diferentes especies y características externas y aparato digestivo de las lombrices



Camas, literas o lechos de compost para cría de lombrices

conocidas por el nombre genérico de "lombriz roja de California". Si no exactamente las mismas, otras que pueden cumplir funciones parecidas se encuentran en el estiércol de "toda tierra de garbanzos", en especial de conejo, y en la actualidad se ha comenzado a investigar con lombrices autóctonas en España.

Tradicionalmente, la cría de lombriz se viene haciendo en lechos de longitud y anchura variables y una profundidad que raramente supera los 30 o 40 cm. El alimento puede ser estiércol de vacuno, porcino, la fracción orgánica de los residuos domésticos, lodos de depuradoras o mezclas de estos materiales.

Debe vigilarse principalmente la temperatura (15 a 23° C), el pH (7) y la humedad (40%). Parece que en condiciones óptimas la lombriz come lo que su peso al día. Pero más importante que su capacidad devoradora es que excreta un "estiércol", como resultado de su actividad sobre la materia orgánica en descomposición, de alta calidad como fertilizante y mejorante de las tierras. La composición química del producto final o vermicompost, dependerá del tipo de residuos que la lombriz haya tenido como alimento.

En los últimos años se ha escrito mucho sobre este tema, y en la mayoría de los casos lo han hecho las casas comerciales que tienen a la venta las lombrices y el vermicompost. Son escasos los estudios científicos serios, y teniendo en cuenta que las investigaciones no se han terminado, este tema debe ser tratado con cierta prudencia. No se puede creer a ciegas en las promesas que anuncian los vendedores de lombrices, ni descalificar el proceso a priori. Más realista parece la postura de tomar conciencia de la gran carencia de materia orgánica de las tierras de cultivo y de que los métodos para proporcionarla deben desarrollarse en todas sus variantes, pudiendo ser uno más la lombricultura (incluyendo las especies autóctonas) en su acción sobre las basuras. Ahora bien, en la investigación de este método hay que tener en cuenta que el trabajo no lo realiza una máquina que puede reajustarse, modificarse o pararse, sino un ser vivo que tiene unas exigencias concretas para su mantenimiento, y pueden ser esas exigencias las que marquen la frontera de la efectividad real del sistema, sobre todo por su precio.

El producto que ha pasado a través del tubo digestivo de la lombriz es un abono maduro, estable y en condiciones de ser aplicado directamente a las tierras sin



Lombriz "roja de California", una de las más comunes en el mundo

ningún problema. Las características físico-químicas del vermicompost varían según el material de partida. Lógicamente, la composición de un estiércol de vacuno no es la misma que la de los lodos residuales de una depuradora. Teniendo esto en cuenta, el lombricultor puede mezclar distintos tipos de residuos. Los análisis de vermicompost en cuanto a elementos químicos, indican que se trata de un producto rico y equilibrado en N, P, K, incluidos Cu, Fe, Zn y otros elementos, que son liberados bien dosificados gracias a estar embebidos en la materia orgánica.

Pero quizás la peculiaridad del vermicompost frente a otro tipo de abono orgánico, es su riqueza en enzimas y microorganismos que estimulan el crecimiento de las plantas y restauran el equilibrio tierra-planta. Esta importante ventaja es la que justifica todo el proceso de investigación y puesta a punto de este nuevo sistema fermentativo, pero todavía son muy escasos los ensayos realizados en parcelas de cultivo para conocer su valor real como abono. También se ha mezclado vermicompost con fertilizantes químicos en distintas proporciones, pero su eficiencia real en las tierras y en las cosechas se ha estudiado poco.

De las experiencias que actualmente se llevan a cabo en España, destacan dos de ellas por las expectativas que han creado.

En Merca-Zaragoza se han criado lombrices con vistas a obtener abono a partir de los contenidos estomacales y de los buches de los animales que se sacrifican en el matadero para su posterior venta en los mercados. Los graves problemas que planteaba la eliminación de este tipo de residuos, llevaron a los responsables de Merca-Zaragoza a pensar en las lombrices como solución. Este proyecto, hallándose en fase experimental ha despertado gran interés en varios "Mercas" de otras partes de España.

En el vertedero "de alta densidad" de Córdoba se han llevado a cabo experiencias con residuos que han sufrido una "prefermentación", antes de criar las lombrices en ellos. No hay separación previa de materia orgánica e inerte y los residuos se apilan en montones de 1 a 1,5 metros de altura. Según el responsable, los problemas de anaerobiosis derivados de esta altura quedan resueltos por la heterogeneidad de los residuos y no separar la materia orgánica de la inerte (se crean huecos y canales de circulación de aire que resuelven el proble-

ma). La fase posterior de separación del compost del material inerte y de las lombrices, no ha pasado del período experimental.

El estado mundial del compost de basura

A partir de la puesta a punto del método hindú Indore en 1925, en Europa comenzó a estudiarse la posibilidad de descomponer a gran escala las basuras de las ciudades.

En la ciudad holandesa de Hanmer se instaló en 1932 la primera planta de compost hecho con las basuras urbanas. Los sistemas más aplicados fueron el estático, mediante fermentación en montones y el método dinámico DANO basado en una primera fermentación rápida en un tambor giratorio.

A principios de la década de los 60, había en Europa 37 plantas de compost, 25 con el método DANO y 12 con el sistema de montones. El número de plantas durante dicha década aumentó considerablemente, llegando a primeros de los 70 a 230 plantas. Las más grandes eran las de Moscú y Roma y destacaba Francia con 97 instalaciones. En la planta de Roma, parte de la materia orgánica se destina a alimentación de cerdos, tras su esterilización.

En España el proceso fue semejante al europeo, creándose un buen número de plantas en el País Valenciano, Murcia, Andalucía, Madrid y Navarra.

En los EE.UU no se dio ese proceso de crecimiento y en 1971 se habían cerrado 14 plantas de las 18 creadas a partir de 1951. En el resto del mundo también se crearon algunas plantas.

Hasta los años 70 el proceso fue de un claro crecimiento en Europa, aunque nunca se llegó a tratar un porcentaje importante de residuos. Francia fue el país más destacado, llegando a fermentar de este modo el 10% de sus basuras, según cita D. Stickelberger en su artículo "Estudio sobre la fabricación de compost con desperdicios urbanos", publicado en el Boletín de suelos nº 27. FAO 1976.

En contraste con las grandes instalaciones potenciadas por los países industriales, 2.500 centros urbanos de la India produjeron 3,5 millones de toneladas de abono por procedimientos simples.

A partir del principio de los años setenta, la evolución se estancó y en la mayor parte de los países del mundo se fueron cerrando plantas, a excepción de Francia y en menor medida España. En Holanda, de las 16 plantas existentes se han cerrado 14, dice S. Haan en "Results of municipal waste compost" en 1980, según recoge ADARO en "Proyecto para la obtención de compost y su aplicación" (MAPA 1984).

Stickelberger explica en su informe publicado por la FAO las causas de este estancamiento. Reproducimos algunos párrafos porque después de diez años su análisis sigue teniendo total actualidad, al menos en lo que concierne a la situación en nuestro país:

"Los partidarios del compost destacaron los aspectos técnicos y descuidaron los aspectos biológicos. La calidad no era satisfactoria y nunca se demostró interés al respecto. Las autoridades municipales han considerado a estos desperdicios simplemente como basura que debía eliminarse cuanto antes.

La reacción de los posibles compradores se ajustó a esta actitud, y los agricultores se negaron a hacerse cargo de los desperdicios de las ciudades y mucho menos a pagar por ellos. Sin embargo, la razón más importante por la que la fabricación de compost no ha sido aceptada, es que los institutos de investigación agrícola y las autoridades no han tenido en cuenta las posibilidades que ofrecía. Influida por el descubrimiento de Liebig, la agricultura prefirió concentrar toda su atención en el principio tentadoramente simple del equilibrio de nutrientes, que debía pensarse casi exclusivamente en términos de nitrógeno, potasio y fósforo. Desde este punto de vista, la utilización del compost parece antieconómica, pues todas las sustancias que no pueden ser clasificadas como nutrientes u oligoelementos deben obligatoriamente ser consideradas como un lastre que no merece ser transportado".

Prosigue el autor criticando los métodos dinámicos, de tecnología más complicada: "Aunque disminuyen el tiempo del proceso, repercuten negativamente en la calidad biótica del abono al dificultar el desarrollo de los hongos, pues un desarrollo intenso de los hongos en la primera etapa de la descomposición (que ocurre en la fermentación estática de compost) estimula considerablemente el proceso de la humificación. Los estudios realizados recientemente por EAWAG, demuestran claramente que las pacas de desperdicios prensados con un intenso desarrollo de hongos estimulaban mejor el crecimiento vegetal que el compost obtenido por otros medios. Por otro lado el funcionamiento de una instalación se ha de basar en el viejo principio de que la instalación debe ser lo más simple posible, y desgraciadamente las autoridades de los países industrializados se han engañado con una maquinaria costosa e impresionante, sin comprender que la preparación de compost es fundamentalmente un problema biológico y no un problema técnico. Un producto de buena calidad puede obtenerse con un mínimo de tecnología".

En los últimos diez años, posiblemente debido a la subida de precios de los fertilizantes químicos y a factores ecológicos, ha aumentado el número de plantas y por tanto también el porcentaje de basura así fermentada.

Es de destacar que el proceso que más desarrollo está

TABLA 20

| COMPOST DE BASURAS EN DIVERSOS PAÍSES EUROPEOS | | | |
|--|-------------------|--------------------|--------------|
| País | Número de plantas | Toneladas de abono | % de Basuras |
| Francia | 54 | 800.000 | 15% |
| España | 28 | 600.000 | 14% |
| R.F.A. ¹ | 19 | 220.000 | 3,5% |
| Suiza ² | 10 | 40.000 | 10% |
| Suecia | 51 | 135.000 | 24% |
| Austria | 15 | 140.000 | 21% |
| Italia (1980) | 35 | — | 5% |
| Bélgica(1981) | 6 | 55.000 | 9% |
| Dinamarca | 1 | — | — |
| Holanda (1980) | 4 | 42.000 | 9% |
| Reino Unido | 1 | 20.000 | 1% |

¹ 12 plantas tratan conjuntamente basuras y lodos de depuradora.

² 8 plantas tratan conjuntamente basuras y lodos de depuradora.

Fuente: Elaboración propia a partir de "International Perspective on Composting" Viena y otros artículos de Biocycle, Journal of Waste Recycling (Marzo 1984) y F. J. Rodríguez: "Situación en la CEE sobre la utilización agrícola de los R.S.U." Congreso Iberoamericano de R.S. ATEGRUS, Madrid 1984.

teniendo en la actualidad, es el estático de aireación forzada, que consigue un abono de calidad con tecnología simple.

En buena parte de los países citados se observa una creciente preocupación por la calidad de este abono, sobre todo en lo que se refiere al grado de maduración, homogeneización y concentración de metales pesados. La preocupación por la calidad biológica sigue estando en un segundo plano.

La preocupación por la calidad del compost está íntimamente ligada con la comercialización, puesto que un compost de mala calidad lógicamente no encuentra salida. Así, en Francia, el 30% del compost producido termina en los vertederos. Las perspectivas que se plantea el ANRED (Agence Nationale pour la Recuperation et l'Elimination de Dechets) para conseguir la comercialización del compost, es el estudio de las plantas francesas para mejorar la calidad, cuestión clave para conseguir la venta del producto (según Compost information. ANRED. 1982). El gobierno italiano se ha planteado el objetivo para la próxima década de que todos los plásticos de consumo doméstico sean biodegradables, lo que revertirá favorablemente en la calidad del abono y en la simplificación de las plantas de tratamiento.

Respecto a la comercialización, cada vez es mayor el porcentaje de compost que se manipula posteriormente añadiéndole minerales, granulándolo o ensacándolo para facilitar su aplicación mediante maquinaria, alcanzando altos precios en el mercado. También es de importancia creciente el abono hecho con residuos orgánicos industriales, especialmente madereros. En Alemania se producen 200.000 toneladas así, y parte de ellas sustituyen a la turba.

La elaboración del compost de basuras en España

En España existen 28 plantas, algunas semi-cerradas, que producen cantidades variables de compost según demanda y otras circunstancias, llegando a unas 600.000 Tm/año, parte de las cuales son de difícil venta, como resultado del tratamiento de 1.700.000 Tm de basura.

La ubicación de estas plantas está en el litoral mediterráneo, especialmente en el País Valenciano y Murcia, seguidos de Andalucía y Cataluña. También existen algunas plantas en La Mancha y Madrid. Las razones de esta localización es la demanda de materia orgánica.

La calidad de la mayor parte del compost que se produce, es baja. Teniendo en cuenta el porcentaje de materia orgánica en la basura, que es del orden del 50-60%, y las pérdidas de humedad en el proceso, rendimientos superiores al 35% indican que el compost contiene bastante material inerte. Resultan sorprendentes algunas plantas con rendimientos próximos al 70%, lo que indica que están suministrando como compost auténtica "basura" (nunca mejor dicho). Mucho compost que se produce así en este país, lleva consigo abundante vidrio y plástico.

Los procesos mecánicos de separación de la materia orgánica del resto no llegan a funcionar como se desearía. El molido previo con martillos, que se realiza en la mayor parte de los casos, pulveriza el vidrio que lleva el

TABLA 21

| PLANTAS DE RECICLAJE EXISTENTES EN ESPAÑA EN 1989 | | | | |
|---|------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Comunidad Autónoma | Provincia | Municipio | R.S.U. tratados (Tm/año) | Inertes recuperados (Tm/año) |
| ANDALUCÍA | Cádiz | Jerez | 74.000 | 610 |
| | | Puerto Real | 128.000 | 298 |
| | Jaén | Jaén | 29.000 | 1.329 |
| CANARIAS | Las Palmas | A. de Guadaira | 278.000 | 9.734 |
| | | Maspalomas | 95.000 | 3.620 |
| CASTILLA - LA MANCHA | C. Real | Ciudad Real | 22.000 | 537 |
| | | Alcázar S. Juan | 37.000 | 939 |
| | | Manzanares | 12.000 | — |
| CATALUÑA | Barcelona | Mataró | 89.000 | 3.660 |
| | | Villafranca del Penedés | 40.000 | 560 |
| COMUNIDAD VALENCIANA | Alicante | Gavá-Viladecans | 290.000 | 10.150 |
| | | Alicante | 90.000 | 1.670 |
| | | Campello | 24.000 | 670 |
| | | Campoamor | 60.000 | 4.220 |
| | | Cox | 45.000 | 2.680 |
| | | Crevillente | 80.000 | 7.100 |
| | | Guadasur | 60.000 | 3.200 |
| | | Petrel | 10.000 | — |
| | | Villena | 50.000 | — |
| | | Valencia | Valencia | 205.000 |
| Tabernes | 21.000 | | — | |
| MADRID | Madrid | Valdemingómez | ** | — |
| | | Murcia | 110.000 | 3.420 |
| MURCIA | Murcia | Cartagena | 70.000 | 1.480 |
| | | Aguilas | 10.000 | 535 |
| | | Aihama Murcia | 12.000 | — |
| | | Jumilla | 18.000 | 900 |
| | | Santomera | 3.600 | — |
| TOTAL | | | 1.962.600 | 65.102 |

*Paradas. **En período de ampliación.

Fuente: Elaboración propia



Compost de basura urbana sin separación previa elaborado en la planta de Valdemingómez de Enadimsa (Madrid). Foto: Enadimsa.



Vista general de la planta de reciclaje de basuras de Enadimsa (Valdemingómez, Madrid). Foto: Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A.

EL COMPOST TIENE UN FUTURO PROMETEDOR EN JAPÓN

Hasta hace 30 años, el principal producto que volvía a la tierra era el abono hecho en las granjas.

Con la industrialización, se empieza a depender fuertemente de los fertilizantes químicos y grandes cantidades de residuos orgánicos se entierran o incineran. 1968 es el año que mayor número de plantas de compost había, pero a partir de aquí comienzan a cerrarse, debido a la disminución de la calidad de los residuos por el aumento de los plásticos y los metales pesados, y a que los fertilizantes químicos resultaban más baratos.

Después de la primera crisis del petróleo, concordando con la tendencia a la conservación de recursos naturales por la reutilización de residuos, el compost comienza a estar en auge.

Uno de los métodos empleados en varias comunidades para mejorar la calidad, es la separación en origen de la basura, llevada a cabo por los ciudadanos.

En los últimos años ha comenzado a aumentar el número de plantas y los expertos consideran que el futuro del compost es prometedor.

Biocycle, abril de 1984. Traducción: Blanca Yoldi

compost, que también suele tener abundante plástico.

El tratamiento del compost ya maduro en una dechinadora, elimina en parte los componentes inertes, pero disminuye el rendimiento y aumenta el rechazo.

Dada la falta de una normativa seria en lo que respecta a maduración y riqueza biológica, la calidad y homogeneidad en estos aspectos es deficiente en la mayoría de los casos. Por poner un ejemplo, en una serie de análisis de 16 muestras de compost provenientes de la planta de Puerto Real (Bahía de Cádiz), la relación C/N -indicador de grado de madurez- varía de 11,54 a 30,35, lo que es una significativa muestra de falta total de homogeneización. Es de resaltar la labor que ha desarrollado ENADIMSA en su planta de Valdemingómez al investigar diversos procesos de fermentación y dechinado, a fin de mejorar la calidad del producto y simplificar los procesos, aunque hoy esta planta se encuentra incomprensiblemente infrautilizada.

Respecto a los metales pesados y otras sustancias tóxicas, dadas las deficiencias del sistema de separación mecánica (no es extraño ver pilas eléctricas en los montones de compost) y la práctica inexistencia de recogidas selectivas específicas de restos tóxicos (pilas, medicamentos, pinturas, etc.) buena parte del compost que se produce está más o menos contaminado. Los datos de que disponemos indican que el compost elaborado a partir de una recogida selectiva previa como la realizada por Lorea en Pamplona, da una concentración de metales pesados sensiblemente inferior a la de los provenientes de las plantas, como ya se ha indicado antes.

Otra cuestión importante es la demanda por parte de los agricultores de un abono orgánico o compost de calidad (por el vermicompost se pagan precios altos) pero respecto al producto de la mayoría de las plantas, la situación no es muy halagüeña; ello se debe fundamentalmente a la falta de calidad, lo cual ha hecho que disminuya su valoración. Los precios son bajos, puesto que sólo valorando en este abono el contenido en N, P, K en base a los precios de los fertilizantes químicos (para 1,8% de N; 0,7% de P_2O_5 ; 1,2% de K_2O ; 25% de humedad) la tonelada superaría las 3.000 ptas.

La aplicación del compost en la agricultura

Poca gente se atreve a poner en duda el efecto positivo del abono orgánico en las tierras de cultivo, y su contribución a una nutrición más equilibrada de las plantas,

lo que las hace más sanas y resistentes a las plagas.

"Por su contenido en oligoelementos es la mejor enmienda para disminuir, y en muchos casos evitar, la aparición de enfermedades carenciales como la enfermedad de roturación de los cereales por falta de cobre, la enfermedad turbera de la avena por falta de manganeso, el mal de corazón de la remolacha por falta de boro, la clorosis férrica de los frutales por falta de hierro, etc.

Debido a su elevado poder antibiótico puede descartar un buen número de enfermedades fúngicas en los cultivos de hortalizas, como por ejemplo el temible Fusarium, que hace su aparición en las plantaciones de tomates y pimientos y no siempre es fácil de combatir" dice L. Romero en el artículo citado.

Numerosos trabajos confirman los aumentos de las cosechas abonadas orgánicamente y la posibilidad de reducir las dosis de los fertilizantes químicos. Existen también experiencias de aplicación de abono orgánico sin abonos químicos, que mediante rotación de cultivos con leguminosas y aportes de minerales en algunos casos, consiguen rendimientos semejantes a los producidos con fertilizantes químicos.

La calidad dietética de los alimentos es otra de las cuestiones a tener en cuenta. El abonado orgánico permite la obtención de alimentos más ricos en vitaminas, enzimas y oligoelementos necesarios para vivir.

Muchas de estas cualidades las conocen los agricultores que desde la década de los 60 están utilizando el abono orgánico en las tierras. En aquellos años se construyeron en España las primeras plantas de compost. El agricultor acogió positivamente su abono orgánico, sobre todo en las zonas donde debido a la disminución de la ganadería extensiva, el estiércol comenzaba a escasear.

Pero su empleo fue indiscriminado, sin ninguna regulación, seguimiento ni análisis de tierras, sin información y a menudo era de mala calidad, con una falta de madurez que agostaba los cultivos o con vidrio y plástico que ensuciaban la tierra. En algunos casos, sobre todo en cultivos de hortalizas, se produjeron auténticos desastres; en otros como las viñas, los resultados fueron positivos. En determinadas zonas los agricultores dejaron de creer en el compost, lo que motivó el cierre de más de una planta.

Pero no todo ha sido negativo. Desde hace más de 20 años el compost se viene utilizando en el País Valenciano, la Región Murciana y Andalucía.

POSIBILIDADES DE USO DEL COMPOST DE BASURAS

Sólo los viñedos representan una cantidad notable del compost utilizado, cifra que es importante si se compara con la producción total española, que en volumen absoluto es notablemente inferior a la capacidad de absorción de ese cultivo si se combinase una mayor producción con un mejor y más intensivo aprovechamiento.

Las cifras que se sugieren a continuación se fundan en el aspecto agro-tecnológico, no teniéndose en cuenta el punto de vista económico ni las peculiaridades de cada lugar de aplicación.

La superficie dedicada al viñedo en España es del orden de 1.700.000 hectáreas. Si se piensa que en este cultivo, en condiciones técnicas y adecuadas, se pueden utilizar entre 30 y 100 Tm. de compost por hectárea cada 3 años, llegamos a niveles verdaderamente muy elevados, que se situarían entre 17 y 56 millones de Tm/año.

La remolacha azucarera es otro cultivo de grandes posibilidades de incremento en el uso del compost. La adición de este producto origina un aumento de la riqueza en sacarosa, con el consiguiente beneficio de producción.

Los frutales no cítricos son otra posibilidad de uso casi virgen. La superficie española de cultivo asciende a 777.000 hectáreas y el compost empleado en ellas es de 25.000 Tm., cantidad que comparada con la posibilidad de uso de 15 millones de Tm., es del orden de mil veces inferior, es decir prácticamente no se aplica. La dosis sería de unas 20 Tm/Ha/año.

La mejora de suelos representa una gran salida para el uso del compost. La necesidad acuciante de materia orgánica en gran parte de los suelos españoles y el encarecimiento y la falta de productos de uso tradicional (abonos y fertilizantes) hacen que el compost pueda ser una ayuda de gran eficacia. Las 16.000 Tm. de compost utilizadas para este fin, son una cantidad mínima comparada con las posibilidades generales de uso.

Uno de los cultivos que no figuran explícitamente en esta relación y que, sin embargo, debería ser uno de los consumidores más importantes de compost, es el arroz. En las experiencias realizadas por el Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz (IRRI) en Filipinas, se ha comprobado que el abonado orgánico de esta planta no actúa sobre ella únicamente como nutriente, sino que además aumenta la actividad fotosintética de la planta, aumentando su rendimiento en gramos. Esto ha sido comprobado en España de forma práctica y directa por los arroceros de las Marismas del Guadalquivir. Se ha observado que las plantas que crecen en las zonas próximas a Sevilla, en parcelas que se riegan con aguas del Guadalquivir contaminadas por las aguas residuales de la capital, presentan un color verde intenso y dan una producción superior a las que se riegan con agua con menos contenido orgánico. Si se tiene en cuenta hasta ahora que se han puesto en cultivo nuevas zonas arroceras en las Marismas y en Extremadura, en una extensión superior a las 30.000 Ha. aparece inmediatamente un consumidor potencial y muy importante de compost.

Las zonas verdes urbanas y periurbanas representan un aspecto no tenido en cuenta hasta ahora en España. Cada ciudad española dispone de ciertas superficies verdes mantenidas con cuidados que incluyen siembras, podas, abonados y todo tipo de operaciones destinadas a mantener núcleos de vegetación en un medio hostil. Estas masas vegetales son susceptibles de recibir compost como mejora y aporte de materia orgánica.

Es difícil calcular las posibilidades de uso del compost en este área a nivel nacional, pero se puede suponer que si existen varios miles de núcleos urbanos, dispondrán, entre todos, de varias docenas de miles de hectáreas que pueden ser receptoras de compost en cantidad total sensiblemente superior al millón de Tm.

La selvicultura es otra posibilidad de uso del compost en gran escala, tanto para mejorar el crecimiento de masas vegetales en ciertos casos (adecuación recreativa, protección del suelo en situaciones justificadas, etc.) como para recuperar áreas incendiadas, de ecología difícil, zonas del Levante español, etc.

Finalmente se pueden citar los viveros de todo tipo como un receptor potencial de compost, pues el uso de este producto implica el aporte de los nutrientes necesarios y suficientes para mantener la actividad y el crecimiento de los vegetales en buenas condiciones, en esta fase de su desarrollo.

En resumen, podemos indicar que las posibilidades totales de uso, a nivel nacional, pueden ascender a 115 millones de Tm. en aplicaciones actuales (viñedos, remolacha, horticultura, citricultura y fruticultura) y a cantidades del orden de 500 millones de Tm. en usos inéditos (mejora de suelos, prácticamente todo el olivar, arroz, zonas verdes urbanas y periurbanas, viveros y selvicultura), pudiendo ser bastante superiores estas cifras, pues a falta de ciertos datos nos vemos bajo un punto de vista conservador.

En consecuencia, e interpretando la cifra con la ponderación de criterios que el caso requiere, podremos retener la cantidad de 600 millones de Tm/año como indicativo de la necesidad global de consumo de compost para uso agrario.

Un techo tan elevado en relación con el uso real que más arriba estimábamos, significa disponer de gran margen de maniobra para abordar cualquier tipo de política de promoción. Las necesidades globales no serán nunca una restricción a introducir en la toma de decisiones, más bien constituye un argumento decisivo para impulsar con la mayor urgencia posible el consumo del compost.

TABLA 22

| CONSUMO ANUAL DE COMPOST EN ESPAÑA EN 1978 | | |
|---|----------------|------------|
| | Toneladas | % |
| Vid | 225.000 | 50 |
| Hortícolas | 95.000 | 21,1 |
| Cítricos | 42.000 | 9,3 |
| Extensivos (remolacha, cereal) | 25.000 | 5,5 |
| Acondicionamiento de tierras | 16.000 | 3,5 |
| Olivo | 15.000 | 3,3 |
| Almendra | 14.000 | 3,1 |
| Frutales | 13.000 | 2,9 |
| Otros | 6.000 | 1,3 |
| Total | 451.000 | 100 |

Se puede considerar que los porcentajes no han variado hasta la actualidad.
Fuente: Fermín Vigil, Ingeniero agrónomo del Ayuntamiento de Sevilla.

Los viñedos consumen la mitad de la producción, destacando los de Jerez y Montilla, donde se han llegado a aportar dosis de 40 Tm/Ha. cada cuatro años; le siguen los cultivos hortícolas del área mediterránea, y los cítricos del País Valenciano ocupan el tercer lugar. En los últimos años se han realizado con éxito aplicaciones en los arrozales de las Marismas del Guadalquivir y está cobrando auge su empleo en los cultivos de primor e invernaderos.

Aparte de existir un problema de información, en determinadas zonas la utilización de abono procedente del compost se presenta no como un problema agrícola sino económico. Por lo general, el agricultor es consciente de la necesidad del abonado orgánico, pero reduce su uso a los cultivos generadores de alto valor añadido debido a los costes de aplicación y adquisición, y para los cultivos de economía marginal difícilmente se compran fertilizantes orgánicos. Es más, en la zona de Jerez, debido a la sequía y menores beneficios de los últimos años, el uso de este abono de compost disminuyó, aunque hoy se va recuperando.

Sólo una necesaria política proteccionista de la Administración, semejante a la que lleva con los abonos químicos, puede hacer factible la aplicación de este abono en los cultivos de menor rendimiento, que suelen coincidir con las tierras más degradadas.

De todas formas, dado que las necesidades objetivas de materia orgánica de nuestras tierras superan con creces la disponibilidad de residuos orgánicos, no tiene

por qué haber problemas de excedentes y el aumento del tratamiento de los residuos en forma de compost podría ser totalmente absorbido por los cultivos tradicionalmente consumidores de este abono.

Un estudio encargado por el MOPU en 1980 ("TYS. Estudio sobre aprovechamiento de basuras. Producción y utilización de compost". CEOTMA/MOPU 1980) plantea unas necesidades anuales de 232 millones de toneladas de materia orgánica (6,5 Tm/Ha. y año) para en 10 años alcanzar y mantener un porcentaje del 2% de materia orgánica en las tierras que en la actualidad sólo tienen en promedio el 1%.

Frente a esa ingente necesidad, se cuenta con 62 millones de toneladas anuales de estiércol que, dado su contenido del 20% de materia orgánica, suponen 12 millones de toneladas, de las que desgraciadamente la mitad producida en las grandes granjas de ganadería intensiva no se utiliza.

Asimismo se dispone de 36 millones de toneladas de materia orgánica seca provenientes de los residuos industriales, agrícolas y forestales.

En el caso de que se aprovechara la mayor parte de las basuras que se producen en este país se obtendrían unos 4 millones de toneladas de compost, que dado su contenido en materia orgánica del 40%, equivaldría a 1,6 millones de toneladas de materia orgánica seca, que podrían llegar a 2 millones en el caso de que se trataran las aguas residuales de las grandes ciudades (ver pág. 182).

En total hay 50 millones de toneladas de materia orgánica, cifra escasa pero que unida a prácticas de cultivo más sensatas y abonos verdes, supondrían una regeneración importante de las tierras. La situación no puede ser más irracional: mientras las tierras se van mineralizando, numerosos residuos orgánicos de granjas, industrias alimenticias, aguas residuales y basuras, se destinan a contaminar gravemente el entorno.

Hacia una nueva imagen del compost

Mejorar la calidad, establecer una normativa precisa y dar a conocer las propiedades del compost, éstos son, a nuestro juicio, los pilares donde apoyarse para aumentar la producción del compost y por tanto la recuperación de las basuras.

La mejora de la calidad debe centrarse, además de en la madurez y la calidad biológica, en la eliminación de materiales inertes como vidrio, plástico y metales, y en reducir la concen-



Resultado final de los tres meses de fermentación de materia orgánica recogida según el método Biotonne, de la RFA: un abono de gran calidad. Fotos: Müll Fehr.

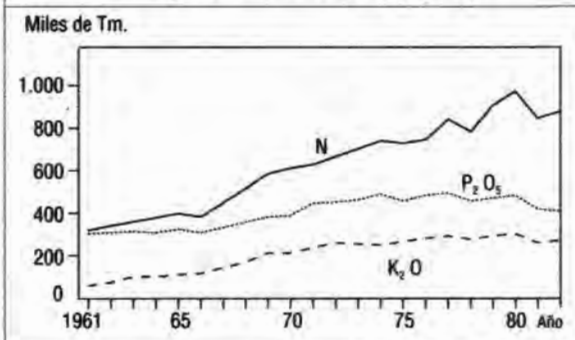
tración de metales pesados. Dadas las limitaciones de las plantas de reciclaje, la recogida selectiva domiciliaria puede contribuir de forma considerable a aumentar la calidad. La investigación sobre métodos de fermentación y el comenzar a tener en cuenta la riqueza biológica son otros aspectos de interés a desarrollar.

Las nuevas posibilidades de aceptación del compost deben ir precedidas por una serie de especificaciones legales y técnicas referentes a propiedades y composición del abono final, y los tipos de tierras y cultivos en qué aplicarlo. Esta normativa es completamente necesaria para asegurar unos mínimos de calidad y para evitar fracasos como los señalados de los años 60, muy perjudiciales para la aceptación del nuevo producto por parte de los agricultores.

Las experiencias de divulgación y aplicación a diferentes tipos de tierras y cultivos analizando las producciones, la influencia en la tierra y la calidad dietética de los alimentos producidos, son factores de vital importancia para que el agricultor valore más el abono orgánico, tan necesario para nuestras tierras mineralizadas.

Otro aspecto que debería tener en cuenta la Administración, es que a la elaboración del compost, su investigación y aplicación no se le puede exigir rentabilidad económica inmediata. Si se pretende que el agricultor, a la hora de comprar el compost tenga que pagar los costes de construcción y mantenimiento de una planta, es mejor no iniciar el camino. Debería ser igual que a la hora de construir un vertedero o una depuradora, y no exigir una rentabilidad económica sino tener en cuenta otros factores, como cuando se conceden miles de millones de subvención a la fabricación de fertilizantes químicos. En el caso del compost y los abonos orgánicos, considerando otras "rentabilidades" como disminución de la contaminación, ahorro de divisas y mejora de la tierra, se tendrán que arbitrar una serie de medidas para que el precio de venta del producto sea asequible al agricultor y le resulte rentable. Esta es la rentabilidad que debe tenerse en cuenta. Afortunadamente, con las nuevas disposiciones legales del Ministerio de Agricultura para el fomento de la agricultura ecológica, se presentan unas posibilidades prometedoras para el empleo correcto del compost en nuestros campos de cultivo.

CONSUMO DE ABONOS EN N, P₂O₅ Y K₂O



Fuente: Ministerio de Agricultura.

El gran negocio del fertilizante químico

Cuando se propone fomentar los abonos orgánicos, sea cual sea su procedencia, sus detractores siempre sacan a relucir una supuesta falta de rentabilidad económica comparada con la de los fertilizantes químicos. La Administración, siempre celosa a la hora de requerir la dichosa rentabilidad a la generación de abonos orgánicos y tacaña cuando se precisan ayudas para su fomento, se convierte en un cuerno de la abundancia cuando subvenciona la producción de fertilizantes químicos, manteniendo artificialmente un precio muy por debajo de los costes reales.

Desde los años 50, se ha fomentado la producción agropecuaria subvencionando los combustibles, la ganadería intensiva y los fertilizantes químicos. Al agricultor —antes con un grado de autonomía elevado— se le ha empujado a unas prácticas de cultivo que le hacen cada vez más dependiente de los fertilizantes, los plaguicidas, la maquinaria, las semillas selectas, los piensos, etc., cuestiones éstas cuyo control está muy lejos de ellos, y en la mayoría de las ocasiones en manos de multinacionales norteamericanas.

En los últimos 30 años, el aumento del consumo de fertilizantes químicos ha sido notable, especialmente en lo que respecta a los nitrogenados, aunque a partir de 1980 se han estabilizado e incluso decrecido los consumos. Numerosas fuentes atribuyen este descenso a los años de sequía y a la subida de precios. En Navarra (el caso que más conocemos) la disminución del consumo es fundamentalmente atribuible a la aplicación de dosis

TABLA 23

| EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ABONOS QUÍMICOS EN ESPAÑA (en unidades fertilizantes de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O) | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--------------|-------|-------------------|------------|-------|-------------------|-----------|-------|-------------------|--------|
| Año | Superficie cultivada | Nitrogenados | | | Fosfatados | | | Potásicos | | | Total |
| | | Tm. | Kg/Ha | Millones de ptas. | Tm. | Kg/Ha | Millones de ptas. | Tm. | Kg/Ha | Millones de ptas. | |
| 1945 | 115.591 | 11.373 | 0,7 | — | 81.230 | 5,2 | — | 30.719 | 2,0 | — | — |
| 1950 | 16.093 | 86.931 | 5,4 | 1.147 | 151.558 | 9,4 | 750 | 52.268 | 3,3 | 88 | 1.985 |
| 1955 | 16.188 | 178.826 | 11,0 | 2.042 | 224.073 | 15,0 | 1.364 | 54.607 | 3,4 | 110 | 3.516 |
| 1960 | 16.255 | 242.824 | 14,9 | 4.733 | 287.145 | 17,7 | 2.390 | 69.308 | 4,3 | 320 | 7.443 |
| 1965 | 16.155 | 399.470 | 24,7 | 7.147 | 330.209 | 20,4 | 3.002 | 105.168 | 6,5 | 542 | 10.690 |
| 1970 | 16.978 | 614.761 | 36,2 | 10.997 | 398.741 | 23,5 | 4.359 | 210.631 | 12,4 | 1.175 | 16.531 |
| 1975 | 17.156 | 749.369 | 43,7 | 21.818 | 487.871 | 28,4 | 12.425 | 263.384 | 15,3 | 3.331 | 37.574 |
| 1980 | 17.057 | 984.808 | 57,7 | 53.117 | 473.472 | 27,8 | 22.728 | 294.011 | 17,2 | 7.083 | 82.928 |

Fuente: Ministerio de Agricultura

y combinaciones más apropiadas, fruto del asesoramiento de los institutos técnicos agrarios y cooperativas y a una cierta vuelta a la rotación de cultivos de leguminosas como guisantes y habas. Entre 1950 y 1980, la cantidad de fertilizante químico aplicada por unidad de superficie se ha multiplicado por 10,7 en el caso del nitrógeno, por 2,9 en el fósforo y por 5,2 en el potasio.

Este aumento de consumo unido al fuerte incremento de los precios en los últimos años debido a la subida de los precios energéticos, ha hecho que los fertilizantes químicos repercutan cada vez en mayor proporción en los costes de la agricultura, llegando a alcanzar actualmente en nuestro país más de 100.000 millones de pts. anuales.

Los agricultores, que de una forma o de otra han sido empujados a la práctica de esta agricultura "dura", se han visto sometidos a una fuerte subida de los precios de los fertilizantes, especialmente los nitrogenados, que en sólo 8 años, de 1975 a 1983, ha sido del 216%; en los fosfatados del 156% y en los potásicos del 185%.

Pero aún así, la cantidad pagada por los agricultores no alcanza el coste real, pues habría que añadirle los miles de millones con que de una forma u otra los sucesivos gobiernos han venido **subvencionando la fabricación de fertilizantes químicos**, especialmente los nitrogenados, con cifras que durante los últimos 5 años llegan a 58.158 millones de pesetas, es decir cerca **12.000 millones anuales**.

¿Qué no podría hacerse en el terreno de los abonos orgánicos y la agricultura ecológica con subvenciones semejantes?

En toda Europa se está subvencionando, generalmente de forma indirecta, la producción de fertilizantes químicos con el fin de que el aumento de precios no repercuta excesivamente en la agricultura. Esto se agrava en España, donde la industria de fertilizantes está anticuada, producto de la total falta de inversiones en los últimos años.

Por poner un ejemplo, el 92% del amoníaco (en 1983 24.320 ptas/Tm precio CIF, iniciales inglesas de Coste, Seguro y Flete, que equivalen al precio en puerto español), material punto de partida de los abonos nitrogena-

dos, se fabrica por reformado de naftas (según el Escandallo de Fertilizantes en España, INITEC, Ministerio de Industria y Energía, 1983, a 37.200 ptas/Tm). Pues bien, se necesitan 0,9 Tm. de nafta para producir una de amoníaco (según dice Alfonso María de la Vega, en la revista Agricultura y Sociedad, nº 15, del MAPA). Es decir que sólo en materia prima se gastan 33.480 ptas para producir 24.320 ptas. Al precio de la materia prima habría que añadir los costes de fabricación más los beneficios. Ni qué decir tiene que en la mayor parte de los países hace años que han sustituido la nafta por el fuel-oil o el gas natural, mucho más baratos. Para hacer competitivos los precios de las empresas españolas, el Ministerio de Industria ha subvencionado la fabricación de amoníaco, llegando a pagar en 1983, 19.580 ptas. por Tm. de amoníaco elaborado por reformado de nafta y 6.766 ptas. por Tm. a partir de gas de coquería (B.O.E. 2 de enero de 1984). Asimismo, parte del amoníaco importado ha estado subvencionado en 5.000 ptas/Tm. y todo él goza de la desgravación arancelaria del 13,2%.

Con el argumento de una menor repercusión sobre los precios en el campo, los fertilizantes químicos reciben varias subvenciones que, curiosamente, en lugar de ser entregadas a los agricultores, se dan a las empresas fabricantes.

Así pues, existen las siguientes líneas de subvención:

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). Subvenciones para paliar el incremento de precios.
- Ministerio de Industria y Energía (MIE). Subvenciones para la producción de amoníaco.
- Ministerio de Economía y Hacienda. Desgravación arancelaria del 13,2% en la importación de amoníaco destinado a la fabricación de fertilizantes.

Ha resultado laborioso evaluar las subvenciones recibidas por las empresas de fertilizantes, porque las facilidades recibidas en el Ministerio de Agricultura se convirtieron en laberinto en el Ministerio de Industria, pero al final nuestras investigaciones nos permiten afirmar que en 5 años, de 1980 a 1984, las subvenciones totales concedidas se acercan a 60.000 millones de ptas., cerca de 12.000 millones anuales.

El Ministerio de Agricultura ha concedido en este período de tiempo de 5 años 8.663 millones de ptas. al conjunto de fertilizantes. El Ministerio de Industria 41.475 millones a la fabricación de amoníaco. La desgravación arancelaria de la importación del amoníaco asciende a 8.020 millones de ptas.

Las dos últimas partidas, que suman 49.495,7 millones de ptas., es decir casi 10.000 millones anuales, están íntegramente destinadas a la producción e importación de amoníaco destinado a la fabricación de abonos nitrogenados.

Ante la disminución del consumo de fertilizantes en los últimos años, el ingreso en la CEE que no permite las subvenciones directas a la fabricación de fertilizantes y la cada vez más obsoleta situación de las fábricas, la Administración y las empresas se plantearon la reconversión del sector con una serie de medidas que fueron aprobadas por el Consejo de Ministros de febrero de 1985 (BOE del 12 marzo de 1985) para reducir la capaci-

TABLA 24

| EVOLUCIÓN DEL PRECIO DE ABONOS POR UNIDADES FERTILIZANTES EN ESPAÑA | | | | | | |
|---|------------------|-------|---|-------|------------------------------|-------|
| | Nitrogenados (N) | | Fosfatados (P ₂ O ₅) | | Potásicos (K ₂ O) | |
| | Ptas/Kg | % | Ptas/Kg | % | Ptas/Kg | % |
| 1975 | 27,92 | — | 24,32 | — | 11,47 | — |
| 1976 | 28,49 | 2,04 | 25,61 | 5,30 | 11,23 | -2,09 |
| 1977 | 34,35 | 20,56 | 28,14 | 9,88 | 12,85 | 14,42 |
| 1978 | 35,75 | 4,08 | 33,30 | 18,34 | 16,06 | 24,98 |
| 1979 | 42,62 | 19,22 | 38,31 | 15,04 | 18,65 | 16,13 |
| 1980 | 52,77 | 23,82 | 45,59 | 49,00 | 21,71 | 16,41 |
| 1981 | 69,85 | 32,37 | 55,30 | 21,30 | 26,83 | 23,58 |
| 1982 | 80,39 | 15,01 | 58,51 | 5,80 | 29,63 | 10,44 |
| 1983 | 88,25 | 9,77 | 62,24 | 6,37 | 32,66 | 10,23 |
| | 216,08 | | 155,92 | | 184,74 | |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos COAG y del Estudio de escandallo de Fertilizantes en España. INITEC, 1983. Ministerio de Industria y Energía

TABLA 25

| SUBVENCIONES CONCEDIDAS A LAS EMPRESAS FABRICANTES DE FERTILIZANTES QUÍMICOS (en millones de pesetas) | | | | | | |
|---|---------------------------------------|---------|------------------|---------|--|----------|
| | MAPA ¹ | | MIE ² | | Anulación aranceles en la importación de amoníaco ³ | Total |
| | Fabricación e importación de amoníaco | | | | | |
| | P | C | P | C | | |
| 1980 | 3.000 | 2.850,7 | 8.700 | 8.644,3 | 1.266 | 12.761,0 |
| 1981 | 2.250 | 1.569,3 | 6.525 | 6.498,4 | 1.229 | 9.236,7 |
| 1982 | 1.687,5 | 1.337,5 | 9.721 | 8.433 | 1.840 | 11.610,5 |
| 1983 | 1.687,5 | 1.029,0 | 9.721 | 8.700 | 1.751 | 11.480,0 |
| 1984 | 2.250 | 1.936,5 | 9.721 | 9.200 | 1.934 | 13.070,5 |
| | 8.663,0 | | 41.475,7 | | 8.020 | 58.158,7 |

P: Presupuestado.

C: Concedido.

Fuentes: ¹Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

²Estimación propia: Al no suministrarlos datos el Ministerio de Industria y Energía se han elaborado a partir del B.O.E. (1980: R 1385/1981: R 316, 1382,2901/1982: R 1476, 3093, 3257/1983: R 143,342,1092,1744/1984: R 5.943) y de datos de la CEOAG.

³Estimación propia a partir de la desgravación arancelaria del 13,2% y valor CIF de importaciones.

dad de producción de fertilizantes (disminuyendo la capacidad de producción española de amoníaco al 50% de las necesidades teóricas) y adecuarlos al consumo, así como reducir los costes de producción, especialmente en el caso del amoníaco sustituyendo la nafta por el gas natural.

Este plan se presentó como un conjunto de medidas para evitar las subvenciones que hasta la fecha estaba recibiendo el sector de fertilizantes, medida esta necesaria para el ingreso en la CEE; pero lo cierto es que de una forma u otra, de nuevo miles de millones de las arcas públicas van a llover para la generación de fertilizantes químicos. El presupuesto de este plan que se inició en 1985 y finalizó en diciembre de 1988, es 32.800 millones de pesetas.

TABLA 26

| PLAN DE RECONVERSIÓN DEL SECTOR FERTILIZANTES DESTINO DE INVERSIONES (millones de ptas de 1985) | |
|--|---------------|
| Amoníaco | 10.000 |
| Otros nitrogenados | 13.500 |
| Total nitrogenados | 23.500 |
| Fosfatados y complejos | 7.500 |
| Investigación y desarrollo | 1.800 |
| TOTAL | 32.800 |

Fuente: Plan de Reconversión del Sector Fertilizantes, Enero de 1985

Existen otra serie de medidas que suponen aportaciones económicas públicas a la producción de fertilizantes químicos:

- Bonificación del 99% del Impuesto general sobre Tráfico de Empresas, lo que ascendería, dado el volumen de ventas, a 4.500 millones de ptas. anuales.
- Bonificación del 99% de los impuestos sobre transmisiones patrimoniales.

TABLA 27

| PLAN DE RECONVERSIÓN DEL SECTOR DE FERTILIZANTES FINANCIACIÓN DE LAS INVERSIONES (en millones de ptas.) | | | | | |
|--|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| Concepto | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | Total |
| Subvenciones | 1.100 | 2.150 | 1.850 | 900 | 6.000 |
| Crédito oficial | 2.100 | 3.900 | 3.100 | 3.100 | 10.200 |
| Bonificación arancelaria para equipos | 300 | 650 | 450 | 150 | 1.550 |
| Subvenciones reintegrables y créditos con aval del Estado | 2.500 | 5.500 | 4.500 | 1.350 | 15.050 |
| Total | 6.100 | 13.200 | 10.000 | 3.500 | 32.800 |

Fuente: Plan de Reconversión del Sector Fertilizante. Enero de 1985.

- Deducción por inversiones de hasta el 40% del impuesto de sociedades.
- Aplazamiento de la deuda tributaria hasta un máximo de 6 años.
- Los gastos derivados de medidas laborales como jubilaciones anticipadas, reducción de plantilla, etc., correrán a cargo del Estado y ascienden a 9.405 millones de ptas.
- Respecto al amoníaco, la Administración situará precios interiores a nivel internacional mediante subvención; suministrará gas natural a precios alineados con la CEE; y como se plantea producir el 50% de amoníaco, se importarán anualmente del orden de 52.500 Tm. continuando la desgravación arancelaria, lo que supone, al precio de 1983 del amoníaco, 1.684 millones de pesetas anuales.

Puede comprobarse que miles de millones de dinero público han ido a parar de nuevo a la industria de fertilizantes químicos y también son los nitrogenados los que se han llevado la mayor parte, precisamente los más fáciles de sustituir por la rotación de cultivos con leguminosas. Dedicar estas cantidades a la investigación sobre bacterias nitrificantes, micorrizas y desarrollo de las leguminosas autóctonas sería a largo plazo la mejor política para el suministro de nitrógeno, a la par que se evitarían miles de millones de importaciones de leguminosas y se podrían hacer efectivos los objetivos, oficialmente impulsados por el MAPA de la agricultura ecológica (ver pág. 103).

La antieconomía de los fertilizantes químicos

Los partidarios de la agricultura industrial han solido lanzar las campanas al vuelo para resaltar el aumento de la productividad agraria y sus posibilidades de alimentar a la población mundial. Está claro que la llamada Revolución Verde no ha alcanzado dicho objetivo y que cada día hay más sobrealimentación en amplias capas de los países ricos y cada vez más hambre en los pobres, a la vez que mayor dependencia de productos relacionados con la agricultura y la alimentación en los últimos respecto a los primeros.

Con el uso de fertilizantes químicos, se produce lo que los economistas llaman ley de **rendimientos decrecientes**, es decir que la producción agrícola por unidad de superficie no crece en la misma proporción que la apli-

cerca de dicho punto, el agricultor, para conseguir pequeños aumentos en la cosecha, tiene que aumentar mucho más los fertilizantes, por encima de lo que puede asimilar la planta.

"Entre 1949 y 1968, la producción agrícola de los Estados Unidos aumentó el 45%. En el mismo período de tiempo, el empleo anual de abonos nitrogenados aumentó el 648%, lo cual representa un aumento sorprendentemente mayor" dice Barry Commoner en "El círculo que se cierra" editado por Plaza y Janés, Barcelona, 1978.

Otro tanto ha sucedido en España. Entre 1950-1951 y 1977-1978, la producción agrícola española ha aumentado el 66%, como dice J.M. Naredo y P. Campos en el artículo "Los balances energéticos de la agricultura española" publicado en la revista Agricultura y Sociedad nº 15 (pág. 198) siendo la superficie cultivada prácticamente igual. En el mismo período, la utilización de abonos nitrogenados aumento el 84%, los fosfatados el 204% y los potásicos el 421%. Sobran comentarios.

El uso y abuso de fertilizantes químicos y el progresivo abandono del estiércol, está produciendo una considerable **pérdida de materia orgánica**; por ello, y con la colaboración de los plaguicidas y ciertas prácticas nefastas como la quema de rastrojos, se está disminuyendo la población microbiana, lo que motiva la pérdida de la fertilidad de la tierra y de su capacidad de recuperarla, necesitando algunas tierras cantidades cada vez mayores de abonos para mantener la producción.

"Es probable que, doquiera se haya hecho un uso continuado e intensivo de abonos nitrogenados inorgánicos, la población natural de bacterias fijadoras de nitrógeno se haya reducido en enorme proporción. Como resultado de ello, será cada vez más difícil renunciar al uso intensivo de fertilizantes nitrogenados, pues se habrá perdido la principal fuente natural de nitrógeno. Para el vendedor, el abono nitrogenado es un producto "perfecto" ya que cuando se emplea destruye la competencia.

Los nuevos insecticidas son igualmente un buen negocio, pues al matar a los insectos beneficiosos que mantenían a raya a los perjudiciales, eliminan al natural y gratuito competidor del nuevo producto tecnológico. Cuando los agricultores tratan de renunciar a los insecticidas sintéticos, se ven con frecuencia obligados a importar nuevos insectos predadores para sustituir a los que antiguamente combatían las plagas.

Como ocurre con las drogas, el abono nitrogenado y el insecticida sintético crean literalmente una creciente demanda al ser utilizados; el comprador se ve atezado por el producto" sigue diciendo Barry Commoner (op. cit.).

La pérdida de la estructura de los suelos por el déficit de materia orgánica, tanto está contribuyendo a la erosión, que se podría afirmar que es probablemente el máximo problema ecológico hispano. En un reciente informe de la OCDE sobre el aumento de la erosión en el mundo, se dice que los tres países miembros de la Organización que se erosionan con mayor intensidad son EE.UU., Australia y España, por ese orden (diario El País. 11/6/85).

El empleo de fertilizantes está produciendo casos graves de **contaminación**. Los fosfatos, por razones económicas, no se purifican y contienen pequeñas cantidades de metales pesados y metaloides tóxicos. Estos elemen-

tos, debido a ser poco móviles en la tierra, se acumulan en las capas superficiales, es decir, donde crecen las raíces, a través de las cuales se incorporan a las cadenas alimenticias.

La contaminación de las aguas con nitratos provenientes del exceso de abonado en los campos, constituye una seria amenaza para la salud. Los nitratos pueden ser reducidos a nitritos en el estómago, especialmente en los niños. Los nitritos reaccionan con la hemoglobina de la sangre incapacitándola para transportar oxígeno a las células. Esta enfermedad recibe el nombre de metahemoglobinemia y puede ser mortal. A su vez, los nitritos pueden evolucionar a nitrosaminas que actúan como agentes cancerígenos (ver en el nº87 de la revista Integral "Nitratos y nitritos: dos tóxicos cada vez más abundantes en los alimentos", y el nº104 "Medida en los nitratos: cómo detectarlos y cultivar sin que contaminen").

La OMS considera que por encima de 45 mg/l de nitratos, éstos vuelven no potable el agua. Las normas de algunos países ponen límites más bajos como Italia (10 mg/l) y Suiza (20 mg/l).

Barry Commoner cita en la obra antes mencionada, cómo en varios casos de niños gravemente enfermos en la ciudad de Decatur (Illinois), demostró la correlación directa entre la concentración de nitratos en el agua y el consumo de fertilizantes nitrogenados. Pero el Instituto Nacional de Abonos de los EE.UU. y determinados científicos lanzaron una violenta campaña contra este investigador: "El vicepresidente del Instituto Nacional de Abonos, dirigió una carta a los edafólogos de nueve importantes Universidades adjuntando mi artículo y advirtiéndoles de la necesidad de refutarlo. Es muy comprensible esta actitud por parte de un grupo interesado en el fomento de la venta de abonos... sin embargo, incluso dentro de la propia comunidad científica, la "objetividad" es una cualidad difícil de poseer y tal vez es ilusorio que así sea. En mi propio caso y debido a que estoy profundamente interesado en lo que atañe al deterioro del ambiente, doy más valor a la discusión pública de los problemas de la contaminación, que a la tranquilidad y las ventajas económicas para la Asociación de Fabricantes de Abonos o para los agricultores. Esta postura no puede defenderse ni criticarse apoyándose en la ciencia".

Pero una vez más, no hace falta irse hasta EE.UU. para comprobar la contaminación debida a los fertilizantes químicos. Estudios realizados por la Diputación Foral de Navarra sobre la cantidad de nitratos en el acuífero aluvial del río Ebro y afluentes, indican concentraciones muy superiores a las permitidas para el consumo humano de ese agua. De 75 análisis realizados en pozos y manantiales entre 1975 y 1980, las concentraciones de nitratos en mg/l se reparten de la siguiente forma:

| mg/l | número de análisis |
|------------|--------------------|
| 0-30 | 18 |
| 30-50 | 21 |
| 50-100 | 23 |
| más de 100 | 13 |

La concentración máxima ha sido 232 mg/l mientras el límite de potabilidad según la OMS es de 45 mg/l, y esto es muy tolerante.

"Como puede observarse, la tónica general es que las aguas aluviales del Ebro y afluentes están contaminadas por un exceso de nitratos que provienen del intenso abonado. La contaminación es inquietante y más teniendo en cuenta que estas aguas constituyen una importante reserva destinada al abastecimiento de gran número de poblaciones de la Ribera Navarra" señalaban J.Castiella y sus compañeros en su ponencia "Los nitratos y su evolución en el acuífero aluvial del Ebro" presentada en las Jornadas sobre análisis y evolución de la contaminación de las aguas subterráneas de España, que tuvieron lugar en Barcelona en 1981.

Por otro lado el aumento de fosfatos y nitratos en las aguas está contribuyendo a la aceleración de la eutrofización de lagos, embalses y marismas.

A la hora de analizar los consumos energéticos de los fertilizantes, y a falta de datos más actualizados en el Ministerio de Industria, hemos recurrido a un trabajo ya clásico: "Los balances energéticos de la agricultura española" de J.M.Naredo y P.Campos, publicado en la revista Agricultura y Sociedad. El lector interesado en estos temas puede consultar también la obra de Gerald Leach. "Energía y producción de alimentos" (serie Estudios y Publicaciones, del MAPA). Como el consumo

actual de fertilizantes es semejante al de 1977-1978, estudiado en este trabajo, se pueden considerar los datos como válidos.

El contenido energético de los fertilizantes químicos consumidos en España es de $17.843.174 \times 10^3$ Kcal., con el siguiente reparto en términos energéticos: nitrogenados 89,9%, fosfatados 7,1% y potásicos 3,0%. Este consumo sólo es superado por los piensos compuestos y los carburantes.

El balance energético de la agricultura española (incluida ganadería) es negativo, es decir que la energía contenida en los productos agrarios es menor que la energía consumida para su producción, igual que ha aparecido en todos los países que utilizan la agricultura industrial. La Revolución Verde ha convertido la agricultura en una fábrica que transforma petróleo en alimentos, con todas las dependencias que ello trae consigo, y con pérdidas energéticas.

En este siglo la agricultura ha pasado, de funcionar autónomamente con recursos renovables, a depender de las materias primas no-renovables. El petróleo, los fosfatos minerales y la potasa son recursos no-renovables y por tanto finitos, y el actual sistema de agricultura se coloca en un callejón sin salida.

EL COMPOST EN LAS NORMAS PARA LA AGRICULTURA ECOLOGICA DE LA DIRECCION GENERAL DE POLITICA ALIMENTARIA

Consejo Regulador de la
AGRICULTURA ECOLOGICA
CRAE - ESPAÑA

CONSEJO REGULADOR DE LA



AGRICULTURA ECOLOGICA

CRAE
ESPAÑA

DENOMINACION GENERICA
«AGRICULTURA ECOLOGICA»

Instituto Nacional de Denominaciones de Origen
Dirección General de Política Alimentaria
Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en la Orden Ministerial del 4 de octubre de 1989, aprobó el Reglamento de la Denominación Genérica "Agricultura Ecológica" y su Consejo Regulador. Por esta Orden, todos los alimentos, frescos o elaborados, que se vendan con frases que den a entender que proceden de la agricultura ecológica o similares (biológica, obtenidos sin el empleo de productos químicos de síntesis, etc.) se hallan obligados a estar registrados en los archivos del Consejo, y a llevar una etiqueta numerada y con el logotipo del Consejo, sobre el envase o embalaje de los productos (el hecho de no llevarla se considera fraude alimentario).

El Consejo ha elaborado unas Normas técnicas que definen el sistema agrario cuyo objetivo fundamental es la obtención de alimentos de máxima calidad nutritiva y sensorial, respetando el ambiente y conservando la fertilidad de la tierra y la diversidad genética, mediante la utilización óptima de los recursos renovables y sin el empleo de productos sintéticos, procurando así un desarrollo agrario perdurable.

Para la producción se autoriza el empleo de compost entre otros abonos orgánicos para abonar las tierras (Artículo 9: El programa de abonado). En el Anejo III.1 (Abonos autorizados) en el punto relativo a abonos orgánicos que no provienen de fincas inscritas en los registros, el primer epígrafe se refiere a "compost hecho a partir de residuos orgánicos no contaminados", y la misma exigencia se cita para el compost empleado en el punto sexto, de sustratos para la propagación de plantas, pudiendo llegar a exigir el Consejo un análisis de residuos, en el caso de sustratos para el cultivo de setas (punto quinto).

Es evidente que un compost de la calidad exigida por el Consejo, si proviene de basura urbana sólo puede proceder de una recogida selectiva muy bien hecha. Ya hay agricultores inscritos en esta Denominación de Calidad que están experimentando con compost de esta procedencia, del pueblo extremeño de la Coronada, como se describe al final de la Quinta Parte.

Más cantidad de alimentos, pero ¿y la calidad?

A una planta cultivada sobre tierras bióticamente empobrecidas, en las que se mantiene una fertilidad artificial basada en la superabundancia de algunos nutrientes y la escasez de otros, le sucederá como a una persona sobrealimentada con una dieta desequilibrada: será obesa y su salud frágil.

Las plantas así cultivadas gozan de "obesidad" (mayor producción le llaman) pero son frágiles y están sujetas a un sinnúmero de enfermedades que son tratadas con plaguicidas, que pueden "solucionar" los efectos inmediatos pero contribuyen a aumentar las causas reales de las enfermedades: el desequilibrio biótico de los campos de cultivo.

De nuevo nos encontramos ante un producto "perfecto" desde el punto de vista comercial, pues conforme se va utilizando, elimina la "competencia" y se depende cada vez más de él. La importancia de las enfermedades vegetales y animales está adquiriendo una proporción alarmante, llegándose a pérdidas de 200.000 millones anuales en España, dice El País el 19 de enero de 1980.

Las plantas así cultivadas, como enfermas que son y bajo tratamiento, además de tener un desequilibrio en el contenido de minerales y ser deficitarias en cuanto a vitaminas y aminoácidos esenciales, están envenenadas debido al uso de los productos fitosanitarios (ver en el n.º 65 de la revista Integral los artículos "Por qué los plaguicidas son la peor de las plagas" y en el n.º 67 "Los plaguicidas, una gran amenaza para la salud" de Claude Aubert; en el n.º 84 "Los plaguicidas están ya en todas partes" y en el n.º 85 "Plaguicidas, metales tóxicos y salud" de Jordi Calmet Fontané; y en el Correo del Sol del n.º 86 "La toxicidad de algunos plaguicidas", tomado de la revista italiana Agricultura).

El uso masivo de "NPK" eleva sensiblemente el contenido de estos elementos pero disminuye el contenido de cobre, hierro, calcio, boro, magnesio y otros elementos, según S. Navarro dice en el libro "El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal" de la editorial Academia, León 1984. El defecto de magnesio puede provocar depresiones nerviosas, cánceres y alergias. El defecto de cobre hace al organismo humano más vulnerable a las infecciones. También se ha observado una disminución de vitaminas y aminoácidos esenciales (ver en el n.º 19 de Integral el artículo "Efecto de los abonos químicos en los alimentos"; y en el n.º 22 "Abonos químicos y calidad de los alimentos", de Claude Aubert).

Estas afirmaciones están corroboradas por numerosas experiencias. Por citar un ejemplo, David L. Greenstock (ver en el n.º 40 de Integral su artículo "El ajo como medicamento") dice que las conocidas cualidades del ajo dependen del contenido de azufre orgánico, y una experiencia de cultivo en parcelas de Inglaterra y España utilizando abonado orgánico, mixto y químico, dio como resultado que el contenido en azufre de los ajos obtenidos con abono orgánico era el doble que el de los cultivados con abono mixto y el triple que el de los que se nutrieron con fertilizantes químicos.

TABLA 28

RESULTADO DE EXPERIENCIAS REALIZADAS EN LA UNIVERSIDAD AGRÍCOLA DE ESTOCOLMO, RESPECTO A LA CALIDAD DE PATATAS CULTIVADAS BIODINÁMICAMENTE Y QUÍMICAMENTE

| | Biodinámica | Química |
|--|-------------|---------|
| Cosecha (Tm/Ha) | 31,8 | 35,7 |
| Materia seca (%) | 21,2 | 19,5 |
| Pérdida en el almacenado (%) | 21 | 31 |
| Proteína bruta sobre la materia seca (%) | 7,9 | 10,5 |
| Proteína digestible sobre proteína bruta (%) | 64,8 | 61,0 |
| Índice de aminoácidos esenciales | 62,2 | 58,9 |
| Nitratos (mg/Kg) | 63 | 82 |
| Vitamina C (mg/100 g) | 17,5 | 15,5 |

Fuente: Kjell Arman. "Una agricultura alternativa". Revista Agricultura y Sociedad, n.º 26. MAPA, 1983.

Todo parece indicar que el camino de retorno hacia la recuperación de la fertilidad de la tierra reside en esencia en esta cuestión tan sencilla de devolverle lo que ha salido de ella.

Pero para ese retorno es preciso también sacar el NPK de las cabezas de algunos técnicos e industriales. Es necesario romper la idea de que fertilidad es igual a concentración de nutrientes en la tierra.

"Una tierra fértil no contiene cantidades máximas sino más bien mínimas de nutrientes. Por ejemplo, los mejores suelos húmicos para jardinería no contienen más de 2% de potasio, 1,5% de fósforo y 1% de nitrógeno. Mucho más importante que los valores máximos de nutrientes es el equilibrio ecológico entre los elementos particulares" dice France-Hanan en "Qualitätsbeurteilung von Kompost" (Jahresbericht EANAC, 1950).

Esto está demostrado no sólo por algunas prácticas agrícolas milenarias como es común en China, sino también por multitud de experimentaciones de los últimos años.

A menudo nos hemos encontrado con partidarios de la utilización de los abonos orgánicos que los siguen valorando fundamentalmente por su contenido de NPK, y a la hora de plantearse la sustitución de los fertilizantes químicos toman como punto de referencia las cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio que en la actualidad se incorpora a la tierra, con lo que llegan a conclusiones un tanto peregrinas de que con la fermentación de todos los residuos orgánicos, tanto de origen industrial, urbano y agrario no se podría llegar a fertilizar ni siquiera el 10% de las tierras.

No se puede valorar el compost con los criterios de la agricultura industrial, que considera a la tierra como un soporte físico, y que la alimentación de las plantas reside en la luz, el agua y NPK. La tierra es algo vivo, capaz de regenerar su fertilidad siempre que se fomente la formación de humus mediante un abonado básicamente orgánico, se renuncie a plaguicidas sintéticos y a fertilizantes químicos, especialmente los nitrogenados, se realice una rotación equilibrada de cultivos con ganadería adaptada a ellos, y se mantenga un crecimiento vegetal sostenido a lo largo del año.