

### **3. SISTEMAS Y TÉCNICAS PARA EL COMPOSTAJE**

Hay numerosos sistemas para llevar a cabo el proceso de maduración. Así y para realizar una primera clasificación somera, se pueden establecer dos categorías principales: sistemas abiertos y sistemas cerrados.

**Tabla 3.1** Clasificación general de sistemas de compostaje. (De Bertoldi et al. ,1985)

<u>Sistemas abiertos</u>	
Pilas con volteo	
Pilas estáticas	con succión de aire aire insuflado ventilación alternada (succión e insuflado) insuflado vinculado a control de temperatura
<u>Sistemas cerrados</u>	
Reactores verticales	continuos discontinuos
Reactores horizontales	estáticos con movimiento del material

**Tabla 3.2** Comparación entre sistemas de maduración de compostaje (Haug, 1993)

Criterios	Sistemas abiertos		Sistemas cerrados	
	Pilas con volteo	Pilas con aireación forzada	Reactor sin agitación del producto	Reactor con retorno a la agitación del producto
Coste de inversión (del material, sin contar las superficies)	Bajo	Bajo a pequeña escala	Elevado	Elevado
Coste de funcionamiento	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Superficie requerida	Importante	Media	Pequeña, salvo en la maduración	Pequeña, salvo en la maduración
Control de la aireación	Inexistente	Total	Total	Total
Factores que pueden ser controlados	Frecuencia de volteos, reciclaje y aporte de material estructurante	Aireación y aporte de agente estructurante	Aireación, reciclaje y aporte de agente estructurante	Aireación, reciclaje, aporte de agente estructurante y tiempo de agitación
Sensibilidad a una mayor o menor deshidratación del material	Muy sensible	Menos sensible	Menos sensible	Menos sensible
Necesidad de maduración complementaria	Depende del clima	Necesaria	Generalmente necesaria	A veces necesaria
Sensibilidad al clima	Sensible	Poco sensible	Poco sensible	Poco sensible
Posibilidad de reciclaje	A considerar en cada caso	Bueno	Bueno	Bueno
Control de olores	Difícil, los olores pueden llegar lejos en determinados casos	Difícil, sobre todo con materiales con humedad alta	Bueno, con funcionamiento normal	Bueno, con funcionamiento normal
Dificultades constatadas	Olor, disminución de la temperatura con mal tiempo	Malas mezclas, zonas frías anaerobias	Problemas de compactación, caminos preferenciales de aireación	Sistemas un poco complejos
Adaptaciones a las variaciones de producción y la sequedad de los materiales	Buena adaptabilidad	Buena adaptabilidad	Baja adaptabilidad	Baja adaptabilidad
Capacidad de tratamiento	0,5 – 5 t/día	0,5 – 100 t/día	> 3 t/día	> 3 t/día

Dependiendo del clima del lugar en que se realice el proceso, del tipo de material que estemos tratando, de la disponibilidad de terreno o de la necesidad de abreviar el proceso, se manejan unos u otros sistemas.

Los sistemas abiertos comportan un menor coste y tienen un manejo e instalación más sencillo, mientras que los sistemas cerrados conllevan una infraestructura más complicada y costosa, al tener que realizar una instalación cerrada y emplear una maquinaria quizá más compleja.

### **3.1 Sistemas abiertos**

#### **3.1.1 Pilas estáticas.**

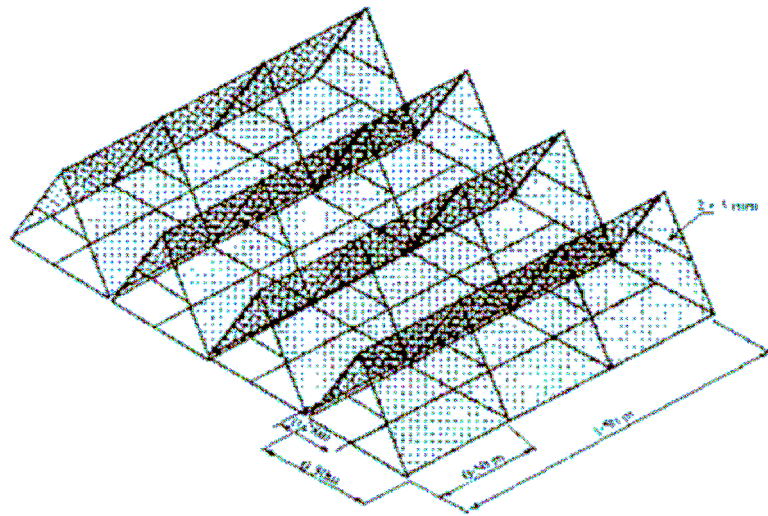
La tecnología para el compostaje en pilas es relativamente simple, y es el sistema más económico y el más utilizado. Los materiales se amontonan sobre el suelo o pavimento, sin comprimirlos en exceso, siendo muy importante la forma y medida de la pila.

##### **3.1.1.1 Pilas estáticas con aireación pasiva.**

Se considera que este sistema es muy apropiado realizando un análisis coste/eficacia de dicho sistema comparado con otros como aireación forzada o pilas con volteo. Para favorecer la ventilación natural de la pila, se emplean estructuras como la que se puede observar en la figura que permiten un mejor flujo de la masa de aire desde la parte inferior hacia la zona superior de la pila. Las pilas son ventiladas por convección natural. El aire caliente que sube desde el centro de la pila crea un vacío parcial que aspira el aire de los lados. La forma y tamaño óptimo de la pila depende del tamaño de partícula, contenido de humedad, porosidad y nivel de descomposición, todo lo cual afecta el movimiento del aire hacia el centro de la pila.

El compostaje en pilas simples es un proceso muy versátil y con escasas complicaciones. Se ha usado con éxito para compostar estiércol, restos de poda, fangos y residuos sólidos urbanos. El proceso logra buenos resultados de una amplia variedad de residuos orgánicos y funciona satisfactoriamente mientras se mantienen las condiciones aerobias y el contenido de humedad. Las operaciones de compostaje pueden continuar durante el invierno, pero se ralentizan como resultado del frío.

**Figura 3.1.** Estructura para la construcción de pilas estáticas con aireación pasiva. (Solano y Col. 2001).



**Figura 3.2.** Detalle de pilas estáticas con aireación pasiva.



### **3.1.1.2. Pilas estáticas con aireación forzada**

Estos sistemas permiten tener un mayor control de la concentración de oxígeno y mantenerla en un intervalo apropiado (15-20 %) para favorecer la actividad metabólica de los microorganismos aerobios que desarrollan el proceso.

El aporte de oxígeno se realiza por varias vías, succión o insuflado así como las variantes que incluyen a los dos tipos. El aporte de oxígeno puede realizarse de forma continua, a intervalos o ligados a un termostato que, llegada una determinada temperatura (aprox. 60°C) acciona el mecanismo de inyección de aire hasta que la temperatura desciende hasta el valor deseado.

Una vez que se constituye la pila, no se toca, en general, hasta que la etapa activa de compostaje sea completa.

**Figura 3.3** Detalle de pilas estáticas con aireación activa



### **3.1.2 Pilas con volteo.**

Es uno de los sistemas más sencillos y más económicos. Esta técnica de compostaje se caracteriza por el hecho de que la pila se remueve periódicamente para homogeneizar la mezcla y su temperatura, a fin de eliminar el excesivo calor, controlar la humedad y aumentar la porosidad de la pila para mejorar la ventilación. Después de cada volteo, la temperatura desciende del orden de 5 o 10 °C, subiendo de nuevo en caso que el proceso no haya terminado.

La frecuencia del volteo depende del tipo de material, de la humedad y de la rapidez con que deseamos realizar el proceso, siendo habitual realizar un volteo cada 6 - 10 días.

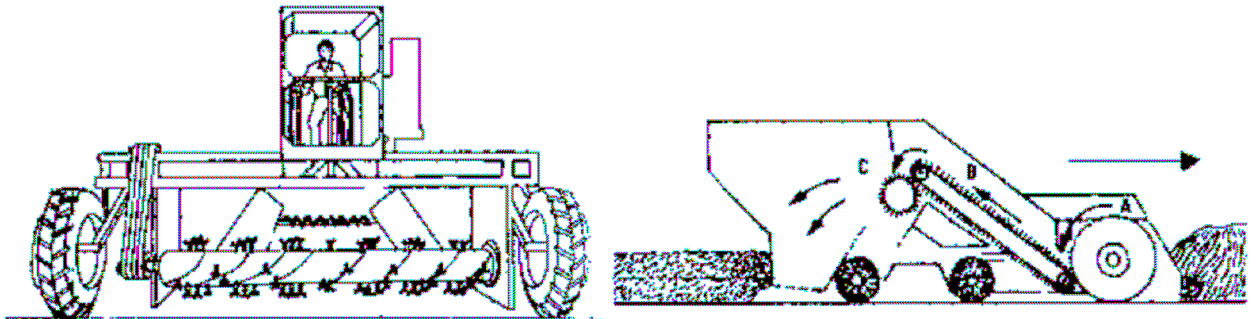
Normalmente se realizan controles automáticos de temperatura, humedad y oxígeno para determinar el momento óptimo para efectuar el volteo.

Es muy usual que los volteos se lleven a cabo con una simple pala cargadora, recogiendo y soltando del material para posteriormente reconstruir la pila, tal y como se muestra en la figura. Sin embargo, para materializar esta técnica de compostaje, existe maquinaria específicamente diseñada para conseguir un mezclado del compost de máxima eficiencia, la cual se muestra a lo largo de este informe (ver como ejemplo la figura).

**Figura 3.4** Pala cargadora volteando pila de compost

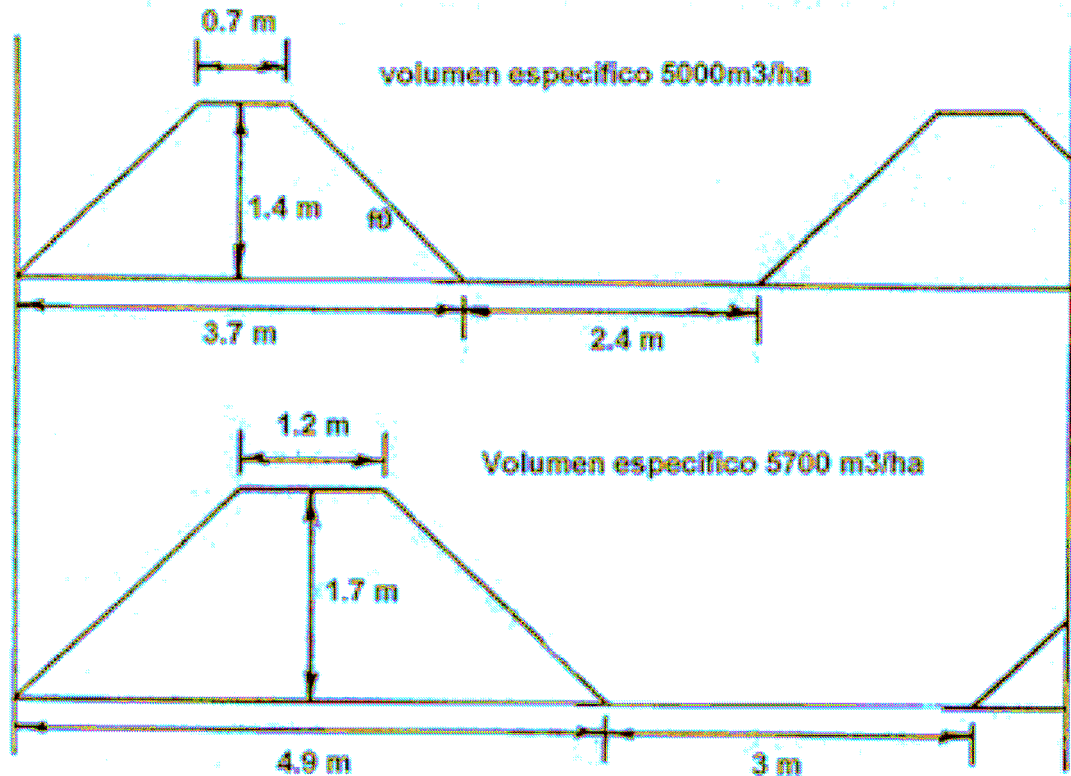


**Figura 3.5** Pila con volteo (Haug, 1993)



En las pilas estáticas, ya sea con volteos o sin ellos cobra gran importancia el tamaño de las pilas, por un lado para permitir una correcta aireación y por otro para que no haya excesivas pérdidas de calor.

**Figura 3.6** Dimensiones características para sistemas de pilas estáticas (Haug, 1993)



Haug, 1993, establece una ecuación para calcular la altura crítica de una pila, teniendo en cuenta un contenido mínimo de la fracción de poros rellenos de aire de un 30%.

$$z_{crt} = \frac{E \cdot d_s}{g} \ln \left( \frac{\gamma \gamma_l \cdot (1 - \theta_{g \min})}{\{d_s \gamma_l + (1 - d_s) \gamma_s\} \rho_u} \right)$$

$E \equiv$  resistencia a la deformación [ $L^2 T^{-2}$ ];  $\rho_u \equiv$  densidad aparente inicial [ $M L^{-3}$ ];

$d_s \equiv$  contenido gravimétrico de materia seca [ $M M^{-1}$ ];  $\theta_{g \min} \equiv$  fracción mínima de poros

rellenos de aire [ $L^3 L^{-3}$ ];  $\gamma_s, \gamma_l \equiv$  densidad real de las fracciones sólida y líquida [ $M L^{-3}$ ]

### 3.2 Sistemas cerrados

Estos sistemas permiten un mejor control de los distintos parámetros del proceso en la mayor parte de los casos, así como un menor tiempo de residencia y la posibilidad de realizar un proceso continuo. Se caracterizan por llevar a cabo el compostaje en reactores cerrados, siendo el principal inconveniente que generan el elevado coste de inversión de las instalaciones.

Su principal división se da entre reactores de flujo horizontal y vertical.

Los reactores de flujo vertical suelen tener alturas superiores a los 4 m. Y pueden ser continuos o discontinuos. Los reactores discontinuos contienen, a diferentes alturas pilas de 2-3 m con un sistema de aireación forzada o volteo hacia pisos inferiores. Su principal inconveniente es el elevado coste de construcción, no obstante aunque la inversión inicial es más elevada que en el sistema de pilas estáticas, tiene una baja relación coste por unidad de volumen de trabajo.

Los reactores de flujo horizontal se dividen entre aquellos que poseen un depósito rotatorio, los que poseen un depósito de geometría variable con un dispositivo de agitación o los que no poseen un sistema de agitación y permanecen estáticos.