



COMPOST DE LA MÁS ALTA CALIDAD PARA ASEGURAR LA SALUD HUMANA, ANIMAL Y MEDIOAMBIENTAL

Angelika Lübke

URS Landmanagement, United Research for Soil, Austria

Pühret 5, 4722 Peuerbach, Austria, Tel 0043 7276 3618, Email hildebrandt@nextra.at

Introducción

Cuando hablamos de ciclos de vida natural nos referimos a procesos que se repiten y que nunca van a tener lugar exactamente de la misma manera, pero que con todo siempre pasan a través de determinados estados químicos, biológicos o físicos. El ciclo del agua – lluvia, uso del agua, evaporación, etc..., - es sólo uno de los muchos ejemplos de innumerables ciclos en la superficie del planeta, que están todos conectados e influenciándose unos a otros.

Durante siglos, la humanidad se ha habituado a la confianza en ciclos naturales fiables. No tenemos que cuestionar el ciclo de los nutrientes, carbono o agua – simplemente ocurren. Sin embargo este ya no es el caso. Las influencias antropogénicas han ralentizado, alterado o destruido los ciclos naturales, causando condiciones caóticas en la superficie del planeta. La contaminación del agua, la contaminación de los productos alimenticios y el calentamiento de la atmósfera – son sólo algunas de las consecuencias.

La tecnología puede compensar algunos de esos efectos, pero ni con mucho no todos. Por ejemplo, la contaminación de los suelos con patógenos, como *Salmonella*, *E. coli*, etc..., (a través de la aplicación de estiércoles (líquidos), lodos, residuos orgánicos), los cuales son entonces introducidos en la cadena alimenticia. Para las dimensiones que se implican aquí, no hay soluciones tecnológicas, e incluso si las hubiera, ninguna sociedad sería capaz de conseguir los fondos que serían necesarios. La única opción es aprender a entender donde están alterados los ciclos naturales y restaurar los "enlaces" necesarios que proporcionarán los impulsos para el reinicio de estos procesos mayoritariamente auto-organizativos.

A primera vista puede parecer exagerado relacionar la salud humana con la calidad del compost. Sin embargo, una vez que prestamos atención a las razones por las cuales los suelos fértiles, biológicamente activos, que son ricos en humus viviente, aseguran la salud de la vida en el planeta, el compost de la más alta calidad toma un nuevo papel. Puesto que el compost es una de estas conexiones, este puede proporcionar especialmente el impulso necesario hacia la reconexión de ciclos de suelos sanos.

El humus viviente protege todas las formas de vida

La razón por la cual los suelos fértiles protegen la salud de todas las formas de vida es múltiple y altamente compleja, y no puede ser explicada en unas pocas frases, con todo algunos factores claves serán establecidos aquí, pues son los mismos que harán el compost de la más alta calidad tan eficaz en restablecer la fertilidad del suelo.

Un suelo fértil contiene *humus viviente*, denominado humus, el cual está vivo con abundancia y gran diversidad de microbiota. Esta microbiota es principalmente aerobia, puesto que los suelos fértiles tienen una estructura porosa que permite un intercambio activo de gases y por tanto un suministro suficiente de oxígeno. Esta vida aerobia tiene multitud de funciones, de las cuales las más importantes son: la transformación de **materia orgánica fresca en humus** (digiriendo o hidrolizando polisacáridos de origen vegetal, animal y fúngico, proteínas, ácidos nucleicos, polímeros fenólicos, lípidos), la **excreción de antibióticos** que contrarrestan los patógenos y refuerzan el sistema inmunitario de las plantas, el suministro de **nutrientes** y sustancias bioactivas a las plantas, la **liberación y fijación de nutrientes**, etc...

Los suelos fértiles son la garantía de agua limpia, como la vida aerobia - cubriendo la superficie de partículas de humus – elimina patógenos, mientras que los complejos arcilla-humus junto con las formas coloidales, sustancias complejas de descomposición y putrefacción (p.ej. putrescina, cadaverina, compuestos de hidrógeno como NH_4 , etc...) evitan su lixiviación en la capa freática o que sea captada por las plantas. Además la floculación de arcilla y los coloides húmicos son favorables para tener una estructura aireada y un adecuado almacenamiento de agua.

Los suelos fértiles protegen la atmósfera en muchos aspectos, siendo algunos de los más importantes: menor liberación de gases de invernaderos, secuestro de CO_2 y la reducción de aerosoles.

La agricultura moderna ha sido la principal causa para la destrucción de la fertilidad del suelo, debido a la elección de tecnología, el manejo de la materia orgánica y el uso de agroquímicos, lo que ha causado la pérdida de humus, humificando la microbiota y, consecuentemente, la estructura y la capacidad del suelo para mantener y limpiar el agua.

La forma más viable económicamente y sostenible para restablecer la fertilidad del suelo y la diversidad microbiana es el uso de compost de la más alta calidad, con una estructura porosa estable, complejos arcilla-humus, fijación de nutrientes, una población microbiana aerobia diversa y una retención de agua excelente.

Sólo el compost con habilidades humificantes similares a la de suelos con alta fertilidad recuperarán la fertilidad de los suelos en períodos de tiempo cortos.

El Proceso de Compostaje Controlado

El compost, según la definición de la mayoría de compostadores y legislación, es un material residual orgánico, que ha pasado por una fase termófila, causando así la descomposición de las materias primas a partículas de pequeño tamaño. Las ordenanzas de la UE limitan los metales, plásticos, vidrios y/o la contaminación por metales pesados. Más allá de estas restricciones, hay muy poca conciencia sobre los criterios de calidad que un compost semejante al suelo con habilidades humificantes debería tener.

En los últimos 30 años, se ha dado nuestro acercamiento al compostaje, para estudiar la senda de la materia orgánica con los suelos sanos, y derivado de estas observaciones, las condiciones óptimas para el volteo y estabilización de la materia orgánica a través del compostaje.

Estos estudios nos han llevado a realizar un proceso de compostaje controlado, donde la combinación de materiales, la adición de minerales arcillosos y compost acabado, el manejo del agua, la inoculación y una adecuada tecnología son combinadas con un procedimiento riguroso para asegurar un proceso de compostaje aeróbicamente

dominante, permitiendo la más alta cantidad de síntesis de humus en el marco de tiempo más breve posible.

Esto significa, en relación con la combinación de materias primas – que se considera la estructura y potencial-reacción-material (liberación de nutrientes, etc...), la frecuencia de volteos se determina por las concentraciones de CO₂, el contenido en humedad se mantiene suficientemente elevado para propiciar la formación de humus y el compost no se permite sacar de la instalación antes de que haya sido analizado de acuerdo con los estándares de parámetros de un compost terminado y que cumpla con ellos.

Combinación de materiales

Tal como en los suelos, hay un equilibrio óptimo entre el contenido en carbono y nitrógeno en un compost, que permite eficientes procesos de digestión de la materia orgánica y mínimas pérdidas de nutrientes. Esta relación C:N óptima para compost es 30:1. Sin embargo, tener en cuenta sólo la relación C:N no es suficiente, también se debe considerar el potencial reactivo de las materias primas disponibles.

Adición de Suelo

La adición de minerales arcillosos, en la forma de suelo franco-arcilloso en una proporción del 10% en volumen, mientras se constituye la pila, es necesaria para permitir la formación de complejos arcilla-humus. Esto proporciona un entorno adecuado para la microbiota y aporta un almacenamiento interno de las sustancias liberadas por la "rotura", como fragmentación, degradación enzimática, mineralización, etc... Los análisis muestran, que los compost que son realizados sin la adición de suelo, no desarrollan una estructura de miga estable y no se da una fijación de nutrientes suficiente.

Construcción y tamaño de pila

Aunque la combinación de condiciones de humedad, liberación de nutrientes, incluso mezcla de materiales, etc... son cruciales para un óptimo arranque del proceso de compostaje y la minimización de pérdidas potenciales, es importante construir cuidadosamente las pilas en capas.

Las dimensiones máximas de las pilas de compostaje están definidas por una relación optimizada entre la estructura y el flujo de aire, para asegurar las condiciones aerobias en el interior del material. Nuestra investigación del intercambio gaseoso en las pilas de compost, especialmente la monitorización continua de gases como el CO₂, CH₄, O₂, NH₃, N₂O, etc..., durante el proceso de compostaje ha mostrado que una forma triangular de la pila será la que mejor mantenga las dinámicas del gas en su interior.

Una anchura máxima en la base de 2.5 a 3 m y una altura máxima de 1,3 – 1.5 m, (la longitud es opcional), permitirá un proceso aerobio, en combinación con una frecuencia de volteos adecuada. Las pilas de mayor tamaño se quedan sin oxígeno en un corto período de tiempo, desde minutos a unas pocas horas, provocando que el proceso de compostaje revierta a condiciones anaerobias.

Numerosas empresas han intentado emplear ventilación forzada para hacer pilas de mayor tamaño, pero todavía no se han encontrado soluciones satisfactorias, que sean económicas

y que lleven a un compost de alta calidad al mismo tiempo. Este tema lo discutiremos más tarde.

Microbiota

De nuestra investigación con suelos fértiles, aprendimos que sólo en los procesos en que predomina la aerobiosis se forman ácidos húmicos de cadena larga y sustancias húmicas estables, pues la mayor parte de la microbiota humificante es aerobia y la mayoría de las condiciones que dan lugar a la formación de humus tienen lugar bajo la influencia del oxígeno. Además un proceso de compostaje necesita tener lugar bajo condiciones aerobias, para asegurar la neosíntesis de compuestos húmicos de cadena larga de varias formas, que más tarde será sostenible en suelos.

Muchas de las materias primas empleadas en compostaje están pobladas con una microbiota que aumenta la digestión de materiales orgánicos, pero no proporcionan la microbiota que conducirá a la formación de humus de alta calidad, ya que esta microbiota es originaria del suelo y precisa ciertas condiciones (p.ej. minerales arcillosos). Se usa además un inóculo en el proceso de compostaje controlado, el cual introduce microbiota humificante a las materias primas.

La situación más idónea para una instalación de compostaje es tener su propio laboratorio, donde la población microbiana de un compost (terminado) pueda ser evaluada. Aunque, incluso con la disponibilidad de equipamiento y personal cualificado, ciertos análisis microbiológicos sólo son apropiados para uso científico, pues llevan mucho tiempo para emplearlos en la toma de decisiones sobre el proceso de compostaje o la venta del producto.

Ya que no es posible para la mayoría de los practicantes del compostaje tener en cuenta y conseguir una vista detallada de la diversidad de especies microbianas presentes en un compost, empleamos varios métodos cualitativos y cuantitativos que se pueden realizar con poca disposición tecnológica, aunque la información que se obtiene es de gran valor tanto científico como práctico.

La cromatografía es uno de estos métodos empleados en la determinación de la diversidad microbiana y la madurez del compost. Como un método de imagen, los cromatogramas ofrecen una visión holística de los procesos vitales de suelos y del compost.

Debajo hay dos ejemplos para cromatogramas en papel filtrante mostrando un compost maduro de alta calidad a la izquierda y un compost de pobre calidad a la derecha.



Imagen, compost de alta calidad: Lübke-Hildebrandt



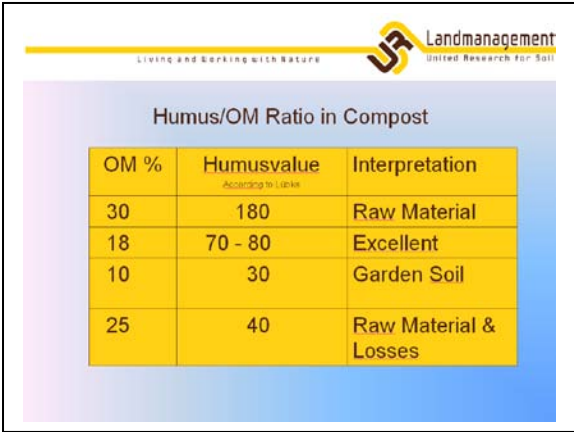
Imagen, compost de mala calidad: Lübke-Hildebrandt

Higienización y Detoxificación

Dependiendo del origen y del almacenamiento, los materiales residuales orgánicos, muchas veces, portan una cantidad considerable de microorganismos altamente peligrosos, p.ej. *Rotavirus*, *Hepatitis*, *Polio*, *Salmonella*, *E. coli*, *Listeria*, *Candida*, *Aspergillus*, etc... junto con huevos de gusanos y larvas, etc... Sólo un proceso de compostaje asegura una adecuada higienización, vía oxígeno, temperatura y microbiota.

Prueba del Humus

Otra evaluación de la calidad del compost es determinar el contenido en humus del compost maduro. La Prueba del Humus, según Lübke, es una extracción de sustancias húmicas del compost, las cuales son entonces comparadas con una escala colorimétrica para determinar el resultado. El resultado se da como un número relativo y es interpretado en referencia al contenido en materia orgánica (OC, *organic matter*).



The table is titled "Humus/OM Ratio in Compost" and is presented within a slide from "Landmanagement United Research for Soil". The table has three columns: "OM %", "Humusvalue (According to Lübke)", and "Interpretation".

OM %	Humusvalue According to Lübke	Interpretation
30	180	Raw Material
18	70 - 80	Excellent
10	30	Garden Soil
25	40	Raw Material & Losses

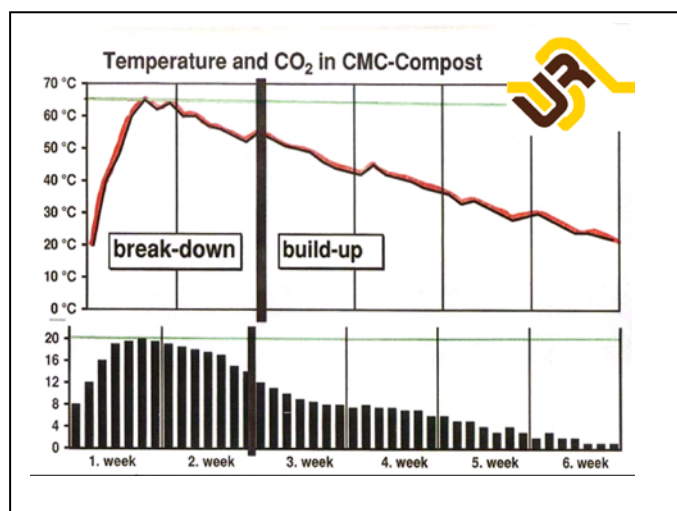
Intercambio de Gases, Monitorización Diaria del Proceso

El intercambio de gases en el interior de una pila de compostaje es crucial para la calidad del producto final. Como se discutió anteriormente, las condiciones aerobias se deben mantener durante el proceso de compostaje para evitar la formación de toxinas y para permitir la eficiencia del proceso, minimizando las pérdidas potenciales (carbono, nitrógeno, sulfuro, etc...) y para que se forme humus estable de cadena larga. Por lo tanto la combinación de la estructura del material, el tamaño de pila y la humedad son cruciales y deben ser atendidos de cerca, para asegurar un flujo continuo de formación y liberación de gas. Ya que el proceso aerobio produce principalmente CO₂, el cual se acumula en la base de la pila, la parte inferior central de la misma es el punto principal de medida para la monitorización de CO₂ y O₂.

De forma similar a los suelos, debe haber suficiente oxígeno disponible en el compostaje para asegurar la actividad aerobia, lo que significa que se necesita un mínimo del 5% de oxígeno disponible en el aire de la pila durante todo el tiempo. En caso de una menor disponibilidad de oxígeno, el entorno revierte a condiciones anaerobias las cuales favorecerán el crecimiento de patógenos, la pérdida de carbono y nitrógeno en formas gaseosas y la formación de compuestos hidrogenados, los cuales eventualmente volverán el proceso en putrefacción si las condiciones anóxicas persisten por largos períodos de tiempo.

Hay dos opciones principales para extraer el CO₂ de la pila de compostaje. Uno es a partir de un buen material estructurante, lo que permite que una pequeña cantidad del CO₂ total "fluya" lentamente fuera de la pila por su base. Sin embargo, las cantidades de CO₂ que dejarán la pila fluyendo por la base son pequeñas en comparación con la cantidad total de CO₂ producido.

Por tanto la segunda opción de aumento del intercambio de gas vía volteo con una volteadora de compost, es de lejos la liberación más eficiente de CO₂ y a la vez la mezcla se suelta y se esponjan los materiales constituyentes, mejorando el efecto de chimenea, lo que también ayuda a la liberación de gases.




Como se muestra en el gráfico, los niveles más altos de CO₂ son liberados durante el período de rotura, el cual corresponde a las 2 primeras semanas de un proceso de compostaje de 6 -8 semanas (un proceso eficiente, bien controlado, con una mezcla apropiada de materiales y humedad se terminará entre 6 – 8 semanas, incluyendo la estabilización de la textura y la formación de humus nutriente). Tan pronto como los niveles de O₂ caen por debajo del 5% el compost debe ser aireado. El volteo de las pilas tiene lugar de acuerdo con el contenido en CO₂ de la pila. Además la monitorización diaria de CO₂ es necesaria para un adecuado cuidado del compost.

La segunda medición, que es tomada diariamente, es la temperatura. Ya que la microbiota humificante no sobrevive a temperaturas por encima de 65°C, la temperatura debe ser controlada por tanto por el volteo de la pila.

La frecuencia de volteo está influenciada por el funcionamiento de la volteadora. El diseño de la fresa con los dientes es crucial para conseguir el efecto de esponjamiento y la liberación de CO₂ de la pila. La volteadora debe estar diseñada para adaptarse a la condición de los materiales en compostaje, operando a altas revoluciones (rpm) y a poca velocidad de desplazamiento al principio del proceso, considerando que las revoluciones necesitan ser más lentas y la velocidad de desplazamiento puede ser más rápida hacia el final del proceso de compostaje.



Imagen cortesía de Gujer, Mesikon, Switzerland


Landmanagement
 United Research for Soil

Living and Working with Nature

Proper Turning Speed

process	ground speed	rpm's
First few turnings (1 -3)	100 - 200 m/hr	200 - 270
beginning of process	200 - 300 m/hr	150
during main process	300 - 400 m/hr	120
end of process	up to 400 - 600 m/hr	approx. 100

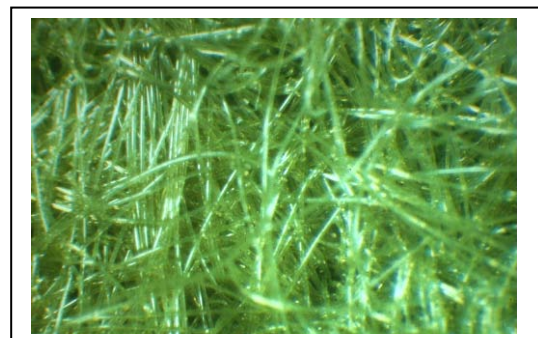
La aireación forzada, usada en muchas instalaciones cerradas, puede favorecer la liberación de CO₂ a gran escala, pero no extrae el CO₂ a un nivel micro.

Gestión de la Humedad

Una digestión eficiente de materias primas y de la formación de humus, lo que implica fijación de carbono, necesita unos contenidos en humedad de 55 – 60%. Por lo tanto es crucial establecer la humedad necesaria en el proceso tan pronto como sea posible. Un bajo contenido en humedad (30 – 50%), no inhibirá por completo el proceso de digestión, pero ralentizará la conversión de la materia orgánica y provocará una liberación de CO₂ mucho mayor que la del compostaje de materiales a niveles de humedad adecuados.

La prueba del humus (según Lübke), junto con otros métodos de evaluación (fijación de nutrientes, cromatografía, prueba de germinación del berro, etc...), muestra claramente la diferencia de calidad entre procesos de compostaje a la humedad adecuada o con deficiencia de humedad.

Una ayuda importante en incrementar y mantener los niveles de humedad adecuados en el compost, es el uso de lonas Top-Tex para compost. Este material grueso y suave (hecho de fibra sin fin de polipropileno) protege las pilas de la lluvia y al mismo tiempo evita que el material se seque. Los experimentos han mostrados, que en climas cálidos como España, California, Sudáfrica, etc,... la adición de agua se puede reducir hasta el 70% con el uso de lonas Top-Tex.



Parámetros para la evaluación de un compost acabado según Lübke/Hildebrandt

Beratung für Boden und Kompost
Bodenaufbauprojekte, Sanierungen und Schulung
Planung und Realisierung von Kompostieranlagen
Spezialist für biologische Boden- & Pflanzenernährung
Aufbau und Betreuung von Qualitätssicherungssystemen
naturnahe Landschaft- und Umweltgestaltung



Urs Hildebrandt | Pühret 5 | 4722 Feuerbach | Austria | Tel 0034 7276 3618 | Fax 0043 7276 3618-13 | Web www.landmanagement.net

FINISHED COMPOST PARAMETERS

CO ₂	0 - 1%
O ₂	19 - 20%
Temperature	max. 5° C above soil temp
pH actual (H ₂ O)	7 - 8
pH potential (KCl)	7 - 8
Ammonium (NH ₄)	0.5 ppm (max. 2 ppm)
Nitrate (NO ₃)	max. 300 ppm / summer, max. 100 ppm / winter
Nitrite (NO ₂)	0 !!!
Sulfide (H ₂ S)	0
Redox (rH) ORP	27 - 29
Humus value	ideally 70 - 80
Organic matter	~ 16 - 22 %
Chromatograms	determine maturity and microbial diversity
Crumb stability	high stability
Cress test	open and closed glass
Heavy metals	according to legislation
Conductivity	800 - 1800
Nutrient total-analysis NPK	e.g. N 0.8 – 1.2 %

Living and Working with Nature

Conclusión

Muchos expertos en suelos creen que es suficiente llevar el proceso de compostaje a un estado de ruptura, donde se forman los precursores del humus, los cuales se supone que se integrarán en el suelo por una transformación posterior en formas de humus estables. Esto es cierto para suelos con una microbiota abundante y diversa, sin embargo no es el caso para la mayoría de los suelos de uso agrícola.

Varios estudios sobre la aplicación de materia orgánica y la transformación en humus mostraron que la mayor parte de la materia orgánica aplicada se descompone y “desaparece” durante el primer año de aplicación. Junto con el análisis de agua subterránea proporcionan un indicador del paradero de parte de la materia orgánica aplicada. La comparación de los números de la aplicación total de materia orgánica en Europa con los contenidos actuales de SOM, muestran que sólo una fracción de la materia orgánica aplicada está siendo transformada en humus sostenible o utilizado por las plantas, el resto contamina el medioambiente.

Por lo tanto la ÚNICA solución para restablecer la diversidad de microorganismos aerobios y la fertilidad permanente de los suelos – es estabilizar toda la materia orgánica (residual) a través de un proceso de compostaje aerobio, donde carbono, nutrientes, etc... sean estabilizados en texturas porosas – antes de la aplicación al suelo – para asegurar su conservación a largo plazo en la capa superior del suelo. Consecuentemente el compost de la más alta calidad también garantiza alimentos de una calidad mejora y una producción de alimentos más segura.

