

Sorprendentemente, el compostaje casero nos enseña una cosa: que con los alimentos ingerimos una gran cantidad de contaminantes que se transfieren desde los plásticos y cartones de todo tipo de embalajes. ¿que efectos a largo plazo tendrán moléculas como los isopropilnaftalenos, el bisfenol A o los ftalatos?

El compostaje es un proceso biológico en el que se transforma la basura orgánica (como residuos de alimentos) en compost o mantillo, que luego puede usarse como abono. El proceso implica la *humificación* o conversión en humus de los materiales orgánicos. El humus es una materia negruzca formada por una mezcla de [polímeros orgánicos](#) derivados de los azúcares, polisacáridos y proteínas de la basura de partida. El proceso se diferencia de la putrefacción, que tiene lugar cuando tiramos la basura al contenedor, en que el compostaje se hace en condiciones *aerobias* (con un buen aporte de oxígeno) y la putrefacción tiene lugar en ausencia de oxígeno o con poca aireación. La putrefacción genera un olor asqueroso, debido compuestos de azufre y aminos emitidas por el metabolismo de *bacterias anaerobias*, en tanto que el compostaje, si se realiza correctamente, no genera olores desagradables. Al contrario, el compost bien fabricado tiene un agradable olor a tierra mojada.

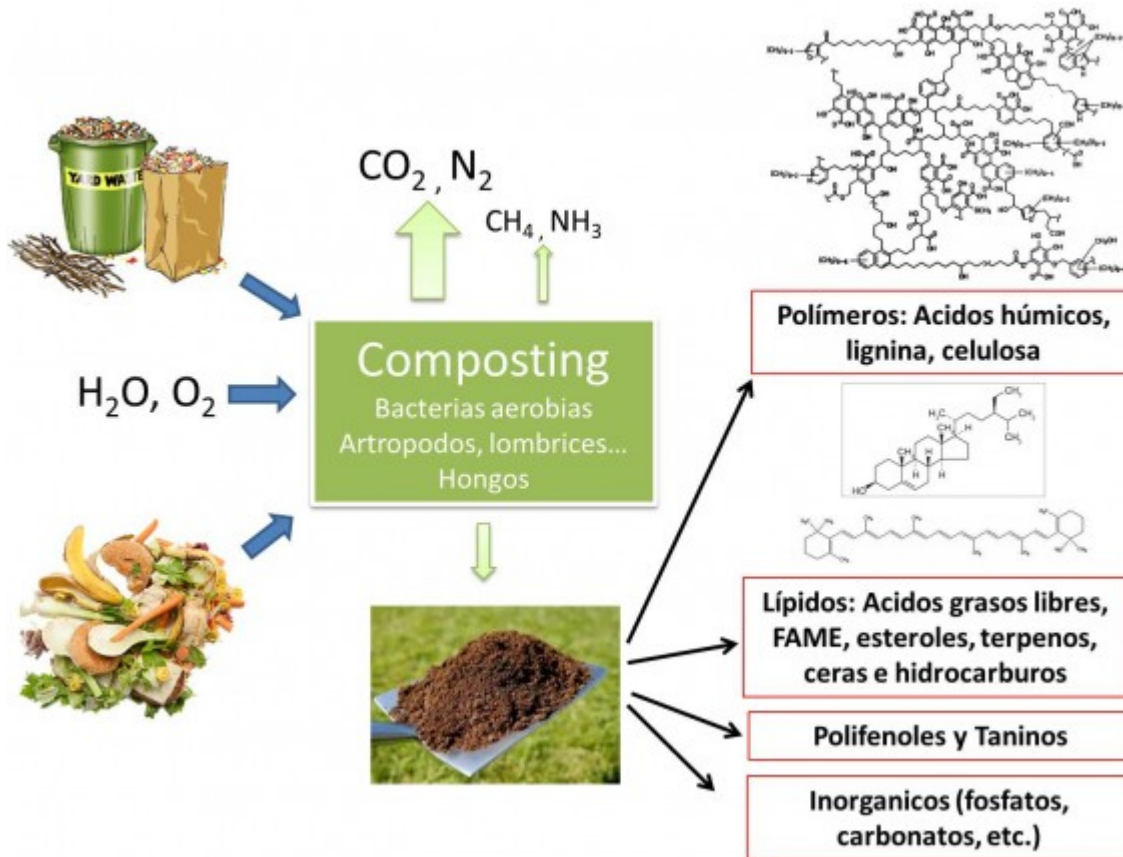
Comencé a interesarme por el proceso de compostaje debido a la Astrobiología. Puede parecer una relación extraña, pero no lo es. En el compostaje tiene lugar, en condiciones controladas, un proceso habitual en el suelo, que es la transformación de materia orgánica muerta en humus y otros compuestos que se incorporan en el suelo y los sedimentos.

Con el paso del tiempo, si las condiciones son adecuadas, estos compuestos de origen biológico se transforman en una materia orgánica que llamamos *betún* (*bitumen* en inglés), que se incorpora en las rocas sedimentarias. El petróleo se forma por la transformación parcial, migración desde la roca sedimentaria hacia el *reservorio* y acumulación de estos betunes. Tras cientos de millones de años, en las rocas sedimentarias y en el petróleo aún quedan restos de la materia biológica original, que llamamos *biomarcadores*. El estudio de éstos biomarcadores ha ayudado a los científicos a trazar cómo han evolucionado los ecosistemas en la Tierra y averiguar, por ejemplo, cuando aparecieron las plantas o cuando surgieron los organismos eucarióticos.



Betún (bitumen en inglés) extraído de rocas sedimentarias. Esta materia, formada por hidrocarburos, fué parte de plantas, bacterias y algas hace 300 millones de años.

Cuando comencé a poner a punto una línea de investigación sobre biomarcadores, necesitaba una serie de muestras de entrenamiento, naturales y ricas en materia orgánica, para probar las técnicas de análisis, identificar moléculas importantes (como los hopanoides, de los que hablamos un poco mas adelante) y también conocer qué moléculas hay en el *primer paso*, de modo que pudiera descubrir nuevos biomarcadores de plantas. El compostaje es ideal, ya que es un modelo acelerado del proceso natural de **concentración** de moléculas que, con el paso de las eras geológicas, forman los componentes del betún.



En resumen, incorporamos en un compostador, (un biorreactor formado por un simple contenedor diseñado para la aireación continua) toda la basura orgánica generada en casa: restos de comida, hojas caídas en otoño y restos pequeños de podas serán la mayor parte de los componentes. Para iniciar y acelerar el proceso, se puede añadir mantillo, un poco de suelo limpio o un preparado a base de bacterias que puede encontrarse en tiendas de jardinería. Se mantiene todo húmedo y se deja tiempo.

La mayor parte de la materia orgánica original desaparece en forma de dióxido de carbono, debido al metabolismo de las bacterias, hongos, insectos y otros seres que habitan el compostador. Hasta el 90% de la materia orgánica original puede llegar a desaparecer, digerida por el ecosistema que hemos creado. Tanto es así, que el compostador puede rellenarse una y otra vez con basura. El resto que queda está formado por una mezcla de:

- Polímeros: ácidos húmicos y fúlvicos, complejas estructuras orgánicas de composición variable. También lignina y celulosa sin transformar.
- Lípidos: Este grupo está formado por grasas, ácidos grasos, esteroides, ceras y terpenoides. Formarán la mayor parte de los biomarcadores que encontraremos en los betunes y petróleo y forman una parte importante (aproximadamente el 20%) del compost.

- Compuestos fenólicos, principalmente taninos. No son deseables en cantidad elevada, ya que los taninos son tóxicos para muchas plantas. Hay que evitarlos limitando la incorporación de basura rica en ellos, como hojas y cortezas de coníferas o posos de café.
- Materia inorgánica: fosfatos, carbonatos, nitratos y metales como calcio, hierro, oligoelementos.



Mi biorreactor de compostaje. Un simple contenedor diseñado para la aireación de la basura. Este en concreto ha funcionado muy bien.

El interés del compost, para mi, es que analizando la fracción de lípidos, concentrada en el compost a partir de decenas de kilos de basura, se pueden identificar numerosas fuentes biológicas, como familias de plantas superiores, animales, hongos o tipos de bacterias. También, conociendo las moléculas acumuladas en el compost, podemos imaginar en qué se transformarán y buscar sus derivados en carbón, petróleo o betún. Jugando con el material que añadimos en el compostador, podemos enriquecer el mantillo en unos biomarcadores u otros. Un ejemplo es el colesterol. Esta molécula, de la familia de los esteroides, es un biomarcador de animales. El colesterol se transforma

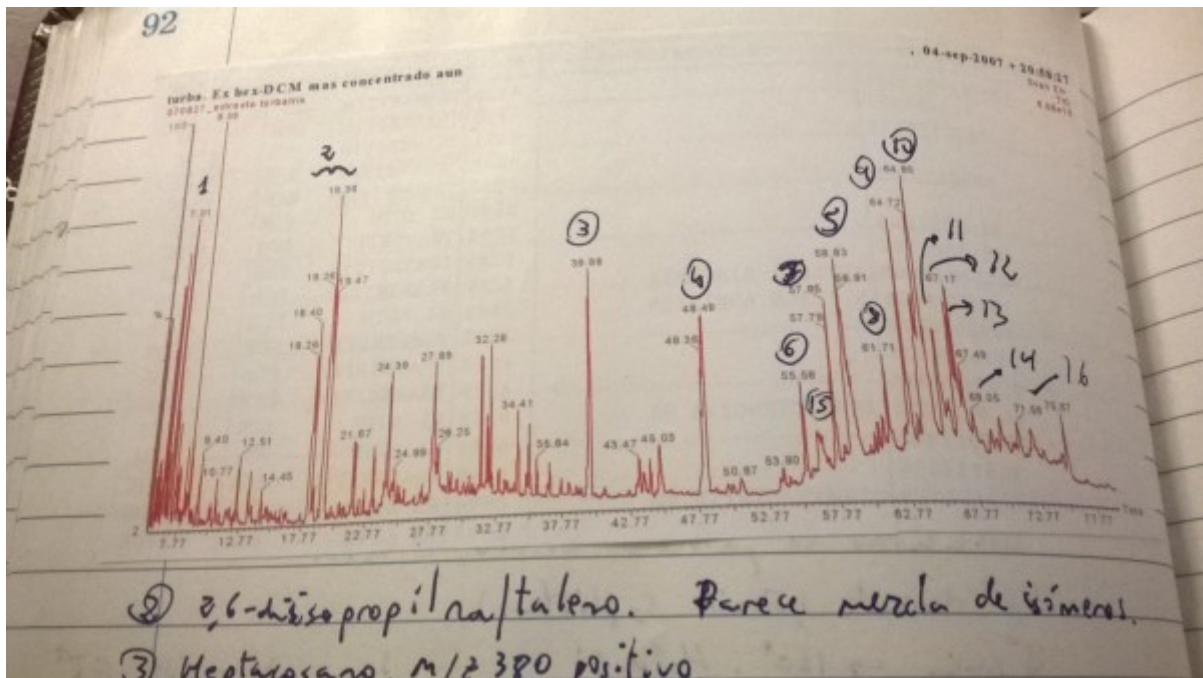
en un tipo de hidrocarburo llamado colestano, que puede encontrarse en algunas rocas.



Compost maduro fabricado en el reactor de la imagen anterior. Es increíble que cosas como huesos, espinas de pescado o cáscaras de sandía hayan desaparecido completamente, convertidas en ésto.

Otro ejemplo importante es la abundancia en el compost de unos compuestos muy importantes en la aplicación astrobiológica de los biomarcadores: los **hopanoides**, como el [diplopteno](#). Estas moléculas son producidas por diversos tipos de bacterias y su estudio nos informa acerca de cambios ecológicos en el pasado. Gracias a ellos hemos podido estimar cuando aparecieron las bacterias fotosintéticas en la Tierra, por ejemplo.

Pero el análisis del compost nos revela algo muy interesante:



Una página de mi cuaderno de laboratorio, mostrando un análisis del compost.

El compost concentra los contaminantes químicos que añadimos junto a la basura. El análisis de diversos extractos (separación de las moléculas pequeñas que contiene atrapadas en el humus y que forman entre el 20 y 30% en peso del compost) revela que el compost contiene, entre otros:

- **diisopropilnaftalenos:** estos proceden de los envoltorios de papel y cajas de cartón que se usan para empaquetar la comida. De los envoltorios pueden migrar a los alimentos. Se concentran en el compost, dada su naturaleza lipídica y su resistencia química.
- **Ftalatos:** Estos contaminantes son universales, pudiendo encontrarse en prácticamente todas partes. Proviene de los plásticos. Desde los plásticos migran a alimentos, suelos, etc. En mi experimento encuentro que hasta un 15% del extracto del compost madurado durante un año está formado por diisopropilnaftalenos y ftalatos.
- **2,4-ditertbutilfenol:** Otro contaminante procedente de plástico.
- **Bisfenol A:** probablemente el más controvertido, dado que puede ser un disruptor endocrino y se ha asociado con diversos problemas de salud. Es un aditivo que se usa en plásticos y tiene gran resistencia química. En mi medición, observo hasta un 0.1% de bisfenol A en el extracto. El problema es que éstos contaminantes (y otros), procedentes de plásticos, cartones, tintas y papeles, concentrados en el mantillo fabricado con residuos domésticos, pueden pasar al suelo con el uso e incluso pueden ser absorbidos por plantas. Se sabe por ejemplo que los tomates pueden absorber ftalatos y otros contaminantes del suelo.

La **buena noticia** es que la mayor parte de éstos contaminantes **son eliminados** del compost gracias a la actividad bacteriana, dejándolo un tiempo de maduración mayor. Así, en el compost que tenía aprox. un 15% de ftalatos y diisopropilnaftalenos, se reduce su contenido en el extracto a un 0.9% con una maduración de cinco años. El único contaminante persistente observado en 5 años de maduración es el bisfenol A.

Entonces, las preguntas que podemos hacernos son: *¿es seguro el uso de mantillo fabricado por compostaje de residuos domésticos?* Parece ser que la presencia de contaminantes podría depender del tiempo de maduración y del control de lo que vertemos: evitar productos químicos, evitar que plásticos y papeles y cartón con tintas se incorporen en el compostador, evitar materiales ricos en tanino. Si el mantillo fabricado con residuos domésticos contiene bisfenol A, *¿es un riesgo potencial si se usa para abonar en huertas, cuyo fin es el consumo humano?*. No lo se (una exploración a la bibliografía actual vendría bien).

Envié estos resultados hace algunos años a un congreso internacional sobre Geoquímica Orgánica: [Accumulation and degradation of plastic pollutants and diisopropyl-naphthalenes during composting of organic household waste](#). Pensé que podría ser un punto de partida para la investigación de la acumulación y degradación de contaminantes procedentes de las actividades domésticas, pero finalmente no pude continuar el trabajo.

Esta entrada participa en la [LIV edición del Carnaval de Química](#), Edición Xenón, alojada en el blog [SiempreConCiencia](#) de @MartaI_Soria

