

## PREPARACION DE ABONO DE LAS BASURAS DE CENTROS URBANOS\*

POR EL PROF. P. H. MCGAUHEY Y EL DR. C. G. GOLUEKE

*Subdirector y Micólogo, respectivamente, del Proyecto de Investigaciones de Ingeniería Sanitaria, Universidad de California*

Desde hace muchos siglos los horticultores de todo el mundo se han dedicado al tratamiento y empleo de materias orgánicas como abono, pero sus métodos primitivos tienen poca aplicación en la eliminación de basuras de las ciudades norteamericanas. Su procedimiento se limita a colocar en pilas o en fosas una mezcla de todas las materias, desde productos vegetales a excretas o estiércol, dejándola fermentar de 6 a 12 meses hasta que esté en condiciones de aplicarla a terrenos agrícolas.

Históricamente, la utilización de basuras como abono ha tenido su origen más bien en la necesidad del hombre de buscar alimentos que en la de deshacerse de sus desperdicios. La fertilidad del suelo ha sido el objetivo dominante de casi todos los adelantos importantes en el mundo entero respecto a los procedimientos de esa utilización, pero no es un problema que haya preocupado seriamente al ciudadano medio de los Estados Unidos. Esto explica la razón de que desde hace mucho tiempo en Europa se hayan empleado como abono las basuras de centros urbanos, sin que esta práctica se hubiera extendido a los Estados Unidos, como sucedió con el tratamiento del agua y de las aguas servidas.

Aun cuando muchos funcionarios públicos se preocupan de la conservación y se dan perfecta cuenta de las consecuencias finales del cultivo continuo de nuestros campos sin devolver materias orgánicas al suelo, su problema ha consistido y consiste en la recolección y eliminación de las basuras de las ciudades. El ciudadano exige que lo que él desecha en la vida cotidiana se retire de su vista rápidamente y de modo económico. La prodigalidad es su herencia y hasta que se percate de sus efectos, la utilización como abono seguirá siendo considerada como un método de eliminación de basuras más bien que como medio de recuperar materias orgánicas valiosas para el suelo.

En California existe necesidad urgente de resolver el problema tanto de la eliminación de basuras como de su aprovechamiento como abono. El cultivo en gran escala de suelos duros o anteriormente áridos, los cuales necesitan materia orgánica, es fundamental para la prosperidad del Estado. El aumento extraordinario de la población ha creado un problema respecto a la capacidad de los sitios existentes para la eliminación de basuras por medio del relleno de tierras; la niebla, acentuada por el humo, ha sido causa de que se examine de nuevo hasta qué punto es

\* Trabajo presentado en la Undécima Reunión Anual de la Asociación Fronteriza Mexicano-Estadounidense de Salubridad, Ciudad Juárez, Chih., México y El Paso, Texas, abril 8-10, 1953. Traducido al castellano con autorización de *Public Works*.

conveniente la incineración como método de aplicación general; y el mejoramiento de las normas de saneamiento y salud pública, características de un pueblo progresivo, está produciendo el descontento del público en muchas de las prácticas que se aplican en la eliminación de basuras.

El Profesor Harold B. Gotaas, Director del Proyecto de Investigaciones en Ingeniería Sanitaria de la Universidad de California, fué de los primeros en reconocer que los problemas de California eran de tal naturaleza que el aprovechamiento de las basuras como abono sería una solución lógica y un procedimiento rápido, estéticamente aceptable, seguro y económico. La Liga de Ciudades de California influyó en la obtención de fondos para que la Universidad comenzara un estudio a fin de encontrar el procedimiento adecuado, y se comenzó la obra a fines de 1949 con un estudio de las publicaciones sobre la materia.

El examen de los procedimientos que se emplean en Europa demostró que, por diversas razones, no podían aplicarse directamente en las condiciones existentes en los Estados Unidos. La desemejanza en la naturaleza de las basuras destinadas a la preparación de abono, el costo de la mano de obra, y la psicología del público con relación al tiempo, espacio y mecanización representaban los factores principales.

Las extensas operaciones de tratamiento y empleo de basuras como abono realizadas en Holanda (unas 160,000 toneladas al año), por ejemplo, estaban basadas en la utilización de una materia prima de la cual se había extraído casi toda la materia vegetal para alimento de animales. El desecho restante, las barreduras de las calles y las cenizas, forman buen abono, pero requieren un período de tiempo relativamente largo debido al bajo contenido de nitrógeno. El procedimiento empleado produciría un olor desagradable si se aplicara a la mezcla de residuos y desperdicios de las ciudades norteamericanas.

El procedimiento Dano, usado en Dinamarca, resultaba adecuado a la preparación de nuestras basuras para abono, pero los métodos de tratamiento, ejecutados en gran parte por los campesinos mismos, no resultaban adecuados a los hábitos de los agricultores norteamericanos. Por lo tanto, sólo representaba un medio útil en un procedimiento todavía por desarrollar en nuestro medio.

Los procedimientos Becari y Verdier, usados en Italia y Francia, requieren un costoso equipo y derechos de licencia, un procedimiento aeróbico-anaeróbico anticuado y además el fracaso de las pruebas preliminares en los Estados Unidos los ha hecho inaceptables a nuestras municipalidades.

El procedimiento Indore, empleado en la India y Unión Sudafricana, es inaplicable a nuestras condiciones debido a que emplea excretas, estiércol y trabajo a mano. En Australia y Nueva Zelandia el trabajo realizado fué exploratorio y en relación con la preparación de abonos orgánicos mezclados para aumentar la fertilidad del suelo.

En los Estados Unidos, la conversión de basuras en abono fué objeto de una serie de aserciones infundadas, de dudoso valor científico. Algunos proponentes sostenían que eran factores esenciales la inoculación con microorganismos especiales, la utilización de estiércol para acelerar la fermentación de las materias orgánicas parcialmente descompuestas, recirculación de líquidos y gases, aeración forzada y adición de enzimas y hormonas. Las tentativas de comercializar el procedimiento se encaminaron hacia la venta de digestores, células, etc. patentados, más bien que a la producción y venta del abono. Toda la cuestión de la conversión de basuras en abono se caracterizó por una falta general de conocimientos de ingeniería y reflejó el hecho de que en todo el mundo esa preparación se había practicado como arte más bien que como ciencia. En las revistas científicas aparecieron dispersos algunos principios establecidos por los investigadores no interesados en sus aplicaciones en ingeniería. Fué necesario, por lo tanto, realizar numerosos ensayos de laboratorio y planes experimentales a fin de desarrollar un buen procedimiento de preparación de abono con los desperdicios de los centros urbanos. Se ensayó entonces el procedimiento y se incorporó a un estudio de campo realizado en cooperación con la ciudad de Berkeley, California. En este estudio se preparó el abono con una gran diversidad de basuras de la ciudad, tanto solas como combinadas con cieno crudo de albañal, con lodos de aguas negras digeridas y con desperdicios de fábricas de conservas alimenticias.

Como resultado de este programa de investigación es posible fijar las bases de un método de preparación rápida de abono con las basuras de centros urbanos, así como establecer los principales factores relativos a economía y planificación.

#### ASPECTOS FUNDAMENTALES Y CONTROL DE LA PREPARACIÓN DE ABONO

El procedimiento que se recomienda para la preparación de abono consiste en que, en un medio adecuado de aeración y humedad, los microorganismos aeróbicos termofílicos reducen las materias orgánicas a un humus bastante estable, rápidamente y sin causar molestias. Esencialmente es un problema de manipular las materias de acuerdo con controles relativamente sencillos.

Las medidas fundamentales incluyen la segregación, trituración, acumulación en hileras o pilas, aeración de la basura revolviéndola, y por último nueva trituración. El curso del proceso y el tiempo necesario los determinan el contenido de humedad, la aeración y la proporción de carbono-nitrógeno. Los controles incluyen el reajuste del grado de humedad y la frecuencia con que se revuelve la basura, y requieren el conocimiento necesario para poder juzgar la condición del abono por la temperatura, olor, color, aspecto físico y ciertas pruebas de laboratorio.

FIG. 1.—Vista general de la instalación utilizada en los estudios de campo, mostrando el conducto de recepción, la banda de separación y el martillo pilón.



**Segregación de las basuras.**—Se conviene generalmente en que la trituración de la materia prima es una de las medidas esenciales en la preparación del abono aeróbico, de modo que esto exige cierto grado de segregación de las basuras de los centros urbanos. En las ciudades en que se emplean recipientes separados, podría imponerse a las amas de casa la responsabilidad de la segregación de la basura, pero es poco probable que fuera realizada tan perfectamente que excluyera la infracción ocasional que podría resultar desastrosa para cualquiera de los tipos de molinos utilizados. En las ciudades en que se recoge la basura mezclada sería difícil instituir el uso de recipientes separados. Por lo tanto, si la preparación para el abono ha de constituir un método aceptado de tratamiento de las basuras de los centros urbanos, toda segregación necesaria de sus componentes ordinarios debe realizarla el servicio encargado de la eliminación.

Los materiales que normalmente es necesario remover antes de la trituración constituyen aproximadamente una tercera parte del peso total de la basura. Se trata de latas, metales varios, vidrio y artículos de cerámica. En determinadas condiciones podría separarse el exceso de papel para disminuir la proporción de carbono-nitrógeno del material. Usualmente se separan los trapos por su alto valor de aprovechamiento. Se recogen a mano de la correa de transmisión lo mismo que los objetos metálicos no ferrosos que son aprovechables. Las latas y otros metales ferrosos se remueven, por lo general, por medio de un separador magnético y pueden compensar o no el costo de la operación. La experiencia obtenida en Berkeley indica que es necesario disponer de una especie de maza para romper los sacos de basura que puedan contener tornillos u objetos similares peligrosos para el molino. Si se separa el exceso de

FIG. 2.—Conducto de recepción lleno de basuras arrojadas desde el vehículo recolector.



FIG. 3.—Basuras que se llevan a la banda de transmisión para separación a mano.



papel, puede hacerse por medio de un soplador que ejerza la succión directamente sobre la correa de transmisión. Las botellas, vidrios y objetos de cerámica son los más difíciles de manipular. El recogerlos a mano no resulta conveniente y la pulverización del vidrio mezclado con la basura crea difíciles problemas de equipo.

**Trituración de la basura.**—La trituración o desmenuzamiento de la basura produce algunos efectos favorables que aceleran la descomposición. El material es más susceptible a la invasión bacteriana, resulta bastante homogéneo y recibe una aeración inicial conveniente. Adquiere una textura que facilita la manipulación y responde mejor al control de la humedad y la aeración. El vidrio molido no afecta en sentido adverso ninguna de estas características, pero aumenta la ya extraordinaria calidad abrasiva de la basura, lo que puede destruir el filo cortante de los martillos-pilones y cuchillas similares en un solo día de operaciones. Hay molinos capaces de pulverizar objetos duros, como la parte inferior de las botellas de coca-cola, pero no son adecuados para moler la basura en la misma operación. El equipo que usan en Europa ha producido mejores resultados en este sentido. Un molino, usado por la V.A.M., de Holanda, está compuesto de un aparato en forma de rueda sin borde con rayos en U fijados por medio de un pasador de bisagra al centro de la rueda y que giran sobre una placa horizontal áspera. El vidrio no pulverizado es lanzado hacia afuera centrifugamente y separado de la materia orgánica que se va a convertir en abono.

En los estudios realizados en Berkeley se obtuvieron buenos resultados en la trituración de basuras segregadas con un martillo-pilón Enterprise de tipo EMV. Con las modificaciones necesarias para aumentar la capacidad de alimentación y perfeccionándolo con martillos adecuados para uso en la basura abrasiva, se podría adaptar para moler las basuras de los centros urbanos en escala de producción, y posiblemente sería capaz de reducir el vidrio a partículas no perjudiciales al abono que se va a vender a granel para utilizarlo en el campo.

La finalidad de estas operaciones es triturar la basura en pedazos pequeños. No se necesita que sean de una medida especial, pero el material no debe formar una pulpa a fin de evitar que resulte demasiado húmedo para la conversión en abono. Si se usa un martillo pilón, como en los estudios de Berkeley, las mallas del tamiz deben ser de  $1\frac{1}{2}$  pulgadas como mínimo. Si se desmenuza, se recomienda que las fracciones sean de 1 pulgada aproximadamente.

**Colocación de la basura en pilas para su conversión en abono.**—Una vez molida, la basura puede colocarse directamente en suelo bien seco o en el pavimento. Las hileras transversales en forma trapezoidal son las más convenientes. En tiempo lluvioso puede redondearse la parte superior para que escurra el agua. En los climas lluviosos quizás sea necesario colocar un cobertizo debido a que la lluvia constante puede empapar las pilas, lo que produce condiciones anaeróbicas y prolonga considerablemente el período de preparación. Las hileras podrían ser inicialmente

FIG. 4.—Pila de material activo recién abierta. Obsérvese el vapor. La temperatura asciende a unos 68°C.



FIG. 5.—Dos pilas de basuras durante el proceso de preparación. La pila al fondo tiene unos seis días; la pila que queda contra la cerca contiene basuras ya preparadas, después de la trituración final.



de 8 a 10 pies de ancho en su base, formándose, al revolverlas, pilas más estrechas a medida que se contrae la basura. La altura máxima no debe exceder de 5 a 6 pies, para evitar que el material se comprima aún más por su propio peso, lo que representaría un gasto excesivo al hacerse necesario revolver la pila a fin de evitar o vencer las condiciones anaeróbicas. Las pilas muy compactas pueden producir una temperatura excesiva (más de 160 a 170°F) produciendo la exterminación térmica de los microorganismos. Se recomienda una altura mínima de 4 pies para evitar que la pérdida de calor sea excesiva y el volumen interno activo pequeño, en comparación con la superficie menos activa, aumentando así el período necesario para la fermentación. Aparte de la altura, no hay ningún otro reparo en cuanto a las dimensiones de las hileras y la experiencia que se obtenga con el equipo utilizado en la manipulación indicará pronto el mejor procedimiento a seguir.

**Remoción de las pilas.**—El motivo principal de la remoción es el de proporcionar aeración que es esencial para la preparación rápida y exenta del olor que caracteriza la descomposición aeróbica. Se obtiene una descomposición uniforme moviendo el material del exterior hacia el centro. De este modo, toda larva de mosca, huevos de insectos o microorganismos patógenos que hayan sobrevivido en la temperatura más fresca del exterior de la pila, quedan expuestos a la temperatura letal (en exceso de 140°F) del interior de la pila. Por lo tanto, las pilas deben revolverse del exterior al interior.

La remoción es el mejor método de reducir el contenido inicial de humedad, a fin de evitar las condiciones anaeróbicas. Con ello se mejorarán también las pilas que se hayan vuelto anaeróbicas. El contenido inicial de humedad para la mejor preparación es de 40 a 60%. Debe ser determinado por un análisis, que puede hacerse con bastante exactitud en un horno a unos 215°F. No se pueden mantener condiciones anaeróbicas en exceso de 70%, y a menos de 30%, la humedad es demasiado reducida para que haya actividad biológica. Se recomienda el siguiente plan para revolver las pilas de basura:

Si la humedad inicial es inferior a 70%, debe revolverse por primera vez al tercer día. Después se dará vuelta en la forma siguiente hasta el undécimo o duodécimo día:

Humedad, 60–70%: Revuélvase a intervalos de 2 días. Será necesario hacerlo 5 veces en total.

Humedad, 40–60%: Revuélvase a intervalos de 3 días. Será necesario hacerlo 4 veces en total.

Humedad inferior a 40%: Humedézcase la pila rociándola al tiempo de revolverla, procediéndose después en forma normal.

Humedad superior a 70%: Revuélvase diariamente hasta reducir la humedad a menos de 70%, procediéndose después en forma normal.

Una buena regla empírica consiste en revolverla diariamente cuando se nota mal olor, hasta que éste desaparezca.

No se dispone aún de equipo adecuado para revolver las pilas, pero

puede hacerse mediante un dispositivo especial de movimiento lento, un volquete adaptado para esta labor o una máquina especial semejante en principio a la moderna barredora de nieve.

**Trituración final.**—Por motivos de apariencia, la basura se tritura de nuevo, ya sea cuando haya terminado o esté a punto de terminar la etapa activa del proceso de preparación para abono, es decir, al cabo de 10 ó 12 días en tiempo seco. La repetición de la trituración durante la última parte de la fase activa puede sustituir a la remoción final de la basura, puesto que la preparación para abono quedará terminada sin necesidad de repetir esta última operación, siempre que el contenido de humedad exceda de 40 %. Esto, sin embargo, representa un gasto adicional porque es necesario transportar el material al molino y reintegrarlo después a la pila, puesto que el material molido de nuevo sin haber terminado el proceso de preparación, ha de completarlo antes de ser colocado de nuevo en pilas. El material molido de nuevo una vez terminado el proceso de preparación, puede distribuirse en altas pilas sin prestarle más atención.

La trituración puede repetirse en el mismo molino que se utilizó para la operación inicial, tomando las medidas necesarias para producir partículas más pequeñas. En los estudios de Berkeley, el material que contenía una humedad de 55 %, se molió de nuevo sin dificultad alguna en la trituradora con un martillo pilón equipado con un tamiz de  $\frac{3}{8}$  de pulgada.

Se observó que para la basura de centros urbanos, el tamiz con malla de  $\frac{3}{8}$ " resultaba el tamaño más adecuado.

**Proceso de preparación.**—Como se ha explicado anteriormente, la trituración fomenta la invasión bacteriana de la materia orgánica, hace homogénea la basura y le da aeración suficiente para los tres primeros días, si el grado de humedad varía entre 40 y 60 %. Los estudios de Berkeley indican que la humedad inicial de la basura triturada de centros urbanos se halla dentro de estos límites. Si la humedad es mayor, debido a la lluvia o a otras condiciones, resulta más barato revolverla diariamente que agregarle paja o tierra. Incidentalmente, la adición de papel es un medio de escasa eficacia para controlar la humedad.

Las bacterias naturales de la basura comienzan pronto su labor. Los microorganismos mesofílicos progresan hasta que la temperatura resulta demasiado alta para ellos. A medida que se eleva la temperatura se desarrollan bacterias termófilas que eventualmente llegan a dominar, elevando la temperatura de 140 a 160°F. En la Fig. 6 se muestra el desarrollo de este proceso, con un aumento continuo durante unas 48 horas. De ese punto en adelante, prevalece una alta temperatura durante unos días y después baja a medida que el período de tratamiento se acerca al final. A la temperatura final más baja, se desarrollan los actinomicetos, que parecen ser los microorganismos más efectivos para destruir el papel. La preparación de la basura para abono puede considerarse terminada cuando la temperatura baja a un nivel entre 130 y 120°F.

FIG. 6.—Curva característica de temperatura durante el proceso de la conversión aeróbica en abono de la basura de centros urbanos.

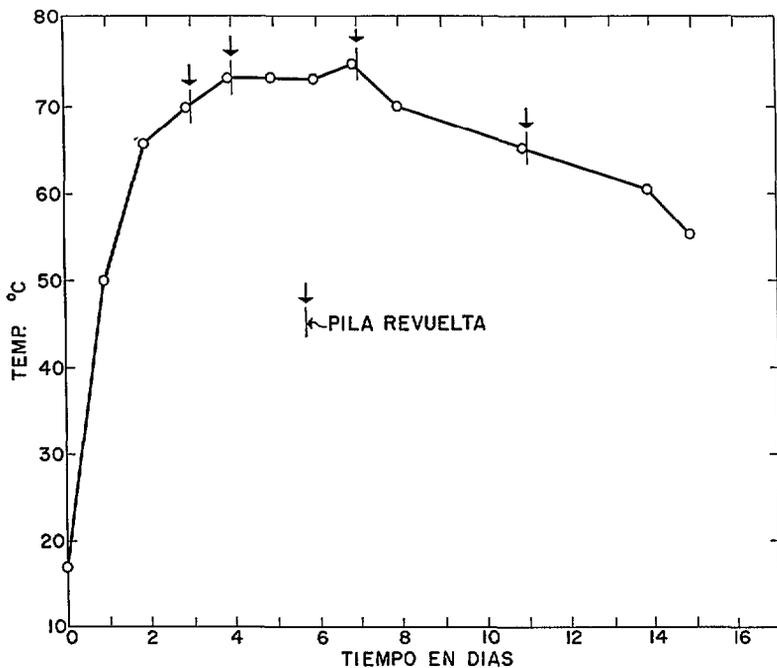
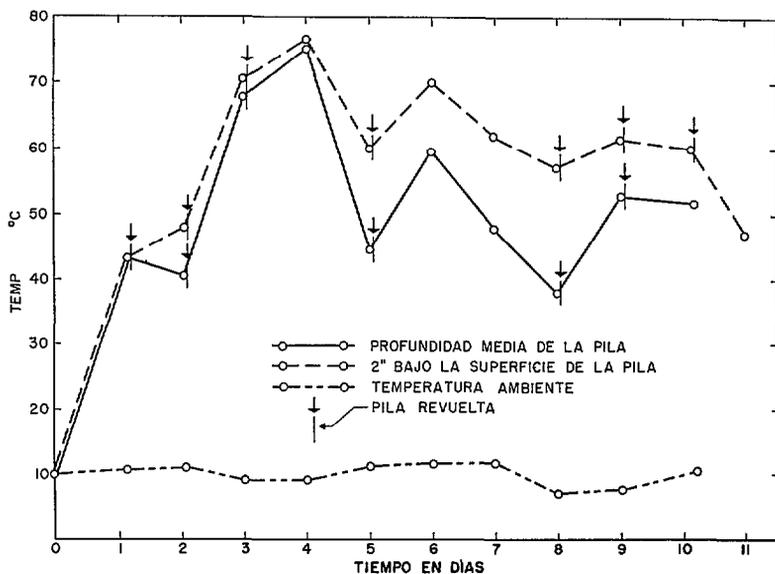


FIG. 7.—Curva que muestra el curso errático de la temperatura en una pequeña pila de basura en condiciones parcialmente anaeróbicas, y el resultado de la aereación inadecuada durante el periodo de preparación.



Existen razones para considerar que este no es un criterio suficiente para determinar que se ha completado la preparación. La Fig. 7 muestra lo que ocurre en una pequeña pila de basura. La curva de temperatura es característica de las pequeñas pilas que pierden calor a medida que escasean los mesófilos sin que los termófilos hayan alcanzado la densidad máxima. La Fig. 7 muestra también el comienzo típico de las condiciones anaeróbicas y la rápida reacción al volteo de la basura.

El período de tiempo necesario para la preparación del abono con un contenido favorable y normal de humedad (40-60%) depende de la proporción de C/N (carbono-nitrógeno). Con una proporción C/N de 20-50, que es la que normalmente se encuentra en la basura mezclada de centros urbanos, en Berkeley se necesitaron unos 16 días. Con una proporción C/N de 78, se requirieron 26 días, y con una proporción de 20, solamente 14 días. El Cuadro muestra períodos de tiempo característicos de la preparación de abono con varios procedimientos aeróbicos y anaeróbicos.

*Períodos de tiempo característicos de la preparación de abono con varios procedimientos aeróbicos y anaeróbicos*

Material	Comunicado por	Tiempo	Condiciones
Basuras mezcladas de centros urbanos	U. de California	2-3 semanas	Campo
Desperdicios y paja	U. de California	5-9 días	Planta piloto
Desperdicios y estiércol	U. de California	5-9 días	Planta piloto
Desperdicios y lodos de aguas negras	U. de California	14-16 días	Campo
Desperdicios y lodos de aguas negras	Frazer, N. Y.	7 días	Campo de producción
Desperdicios mezclados de centros urbanos, etc.	Dannevirke, N. Z.	20-30 semanas	Campo
Basura y excretas desecadas al aire	Ficksburg, Unión Sudafricana	30 días en fosa "Maduro" 4-6 semanas	Campo
Basura escogida y lodo de aguas negras	Domfriesshire Gr. Bretaña	6 sem. preparación 6 sem. maduración	Campo
Residuos herbáceos	U. de California	11-14 días	Piloto
Basura de centros urbanos	Holanda	3-6 semanas 4-6 semanas	Producción

**Determinación de la condición del abono.**—La preparación de la basura para abono se considera terminada cuando puede almacenarse indefinidamente sin que produzca calor apreciable y pueda, sin peligro alguno, utilizarse en las tierras de cultivo debido a su baja proporción de C/N (20 o menos) o, si excede de 20, el carbono se encuentra en forma no asimilable. Esta y otras consideraciones precedentes relativas a la proporción C/N significan que deben hacerse pruebas de laboratorio.

El nitrógeno puede determinarse fácilmente, pero la determinación del carbono resulta difícil y costosa. El carbono puede calcularse mediante una fórmula empírica sugerida por los investigadores de Nueva Zelanda, esto es,  $C = \frac{100 - \% \text{ de ceniza}}{1.8}$ . Esto da resultados bastante exactos

para la preparación práctica del abono.

Los cambios característicos de color y olor ayudan a juzgar el desarrollo de la preparación. La trituración, por sí sola, sirve para que el olor acre grasiento de la basura cruda se convierta en un olor asociado generalmente con las materias vegetales verdes recién cortadas. Al aumentar la temperatura, se notan los olores de cocina, pero disminuyen gradualmente a medida que avanza la descomposición. Puede persistir un leve olor a amoníaco durante gran parte del período de descomposición y acentuarse a medida que la basura va perdiendo nitrógeno. Durante el período de preparación se pierde el nitrógeno en cantidades cada vez mayores según va disminuyendo la proporción de C/N hasta menos de 30.

La aeración insuficiente se manifiesta al producirse olores putrefactivos y un color verde pálido, en vez del color normal u oscuro, en el interior de la pila. El abono preparado con basura puede ser inodoro, o bien tener un leve olor a tierra o el olor rancio del moho.

#### VALOR DEL ABONO PREPARADO CON BASURAS

La basura convertida en abono tiene más valor como elemento para la preparación del suelo que como fertilizante. Al mejorar la estructura del suelo aumenta la capacidad de retención del agua y facilita un desarrollo más extenso de las raíces de las plantas. Permite que el fosfato inorgánico sea absorbido más fácilmente por las plantas superiores y al convertir el nitrógeno en una forma menos soluble permite su salida gradual, evitando la pérdida por filtración. Constituye, sin embargo, una valiosa fuente de elementos de nutrición, incluso los elementos indicativos esenciales. Por ejemplo, el valor fertilizante del abono preparado con basuras en Berkeley dió el siguiente promedio: nitrógeno, 1.18%; pentóxido fosforoso, 1.33%; óxido de potasio, 0.99%.

#### CUESTIONES ECONÓMICAS A RESOLVER

¿Cuánto costará la conversión de basura en abono y cuál será el valor del producto en el mercado? La respuesta completa a estas preguntas está fuera del alcance de las actuales investigaciones.

#### CONSIDERACIONES GENERALES Y ECONÓMICAS

La preparación de abono, como medio de eliminar las basuras o aprovechar los desperdicios, no ha llegado a realizarse todavía sobre una base comercial, en escala municipal, en los Estados Unidos. Los estudios pilotos y la limitada experiencia obtenida con pequeñas plantas para la preparación de abono con material escogido, han permitido, sin em-

bargo, determinar la clase de equipo que se necesita así como algunos cálculos preliminares del costo que representa. Con algunas variaciones en cuanto a la exactitud, puede decirse algo sobre el costo de estas operaciones.

(1) A pesar del entusiasmo de muchos proponentes de la utilización de las basuras para abono, parece dudoso que con este método se logre que la recolección y eliminación no representen gasto alguno para los ciudadanos. Los funcionarios municipales deben reconocer que en la actualidad la recolección y eliminación de basuras representa cierto gasto y es de suponer que continúe costando algo.

(2) Un ingeniero experto puede planear la planta necesaria para recibir, segregar, moler, apilar y moler de nuevo y almacenar el producto. Puede determinar su utilización en la tierra y factores semejantes y sugerir ideas relativas al equipo especial que se requiere. El costo de algunas partidas, sin embargo, no podrá determinarse hasta que se hallen en operación las plantas de conversión en abono.

(3) El aprovechamiento no disminuirá considerablemente el costo de segregación de la basura para su preparación en abono.

(4) Es necesario esperar a que se haya perfeccionado en los Estados Unidos el equipo para triturar y revolver la basura, antes de que se pueda determinar su costo con cierta exactitud. Puede calcularse sobre la base de los precios corrientes de costo de varios tipos de molinos y equipo de manipulación del material.

(5) El costo de producción del abono con desperdicios escogidos y lodos de aguas negras por el procedimiento Frazer se calcula en \$15.00 a \$20.00 por tonelada.

(6) Los cálculos preliminares basados en el uso del molino Dano en los Estados Unidos fijan el costo en unos \$9.00 a \$10.00 por tonelada de basura cruda, o sea unos \$15.00 por tonelada de abono preparado.

(7) Los cálculos aproximados basados en la modificación propuesta del equipo de molienda americano, indican que sería posible reducir los costos de producción a algo menos de \$15.00 por tonelada a medida que se perfeccionen los procedimientos para la preparación de abono con basuras de los centros urbanos.

(8) El tratamiento y empleo de las basuras como abono, junto con lodo crudo de aguas negras y ciertos desperdicios comerciales, podrían disminuir el costo global que actualmente representa para una colectividad la eliminación de sus desperdicios.

Hay más inseguridad en el valor comercial de ese abono que en el costo de producción. Sin embargo, pueden presentarse algunas consideraciones generales.

(1) El costo de convertir el abono terminado en un fertilizante de uso legal es tal que, si las operaciones se hacen como servicio municipal, resulta mejor vender el abono como elemento de preparación de la tierra, sin agregarle nada.

(2) El precio actual de ese abono vendido a horticultores especializados y viveros (que Frazer fija en \$68.00 por tonelada), excede indiscutible-

mente del precio que pueden pagar en California los agricultores en gran escala. Se ha calculado que lo que pueden pagar esos agricultores es de \$10 a \$15 o algo más por tonelada.

(3) No existe base firme para determinar la reacción de los agricultores en gran escala respecto al abono preparado con basuras, y las municipalidades deben estudiar este mercado al calcular su valor económico. Una compañía química que produjo una gran cantidad de ese abono en Kansas no pudo interesar en el producto a los agricultores en gran escala. Sin embargo, existen razones para creer que el mercado de ese abono se extenderá con más rapidez que el desarrollo de su producción.

(4) Cabe pensar que la producción comercial de abono preparado con basuras ofrece buen campo para la inversión de capitales siempre que la municipalidad estuviera dispuesta a conceder un contrato adecuado a largo plazo y a considerar que la entrega, libre de gastos, de la basura al contratista, representa una economía en el costo de la eliminación.

A pesar de la incertidumbre actual, que se debe a la carencia de equipo especial, a la falta de comprobación del costo de producción e inseguridad de valor en el mercado, el tratamiento y empleo como abono representa un método bueno y económico de aprovechamiento de la basura de los centros urbanos a la vez que de inmenso valor para la agricultura.

#### BIBLIOGRAFIA

- California University: "Composting for disposal of organic refuse," Technical Bulletin No. 1, Sanitary Engineering Research Projects, University of California, Berkeley, 1950.
- California University: "Reclamation of municipal refuse by composting," Technical Bulletin No. 9, Sanitary Engineering Research Projects, University of California, Berkeley, 1953.
- Guthredge, Hal: Refuse—sewage composting—engineering aspects, *The Society of Engineers, Journal and Transactions*, 43:135, obre.—dbre., 1952.
- Howard, Albert: The manufacture of humus by the Indore process, *Jour. Roy. Soc. Arts*, 84:25, 1935.
- Ministry of Agriculture and Fisheries: The agricultural use of sewage sludge and sludge composts. Memorandum by the Agricultural research council conference on sewage sludge and composts, Tech. Communication No. 7, 18 pp., 1948.
- Second interim report of the inter-departmental committee on utilization of organic wastes, *New Zealand Engineering*, vol. 6, Nos. 11-12, nbre.—dbre. 1951.
- Stovroff, Richard P.: Composting can be profitable, *Western City*, vol. 29, No. 9, p. 48.
- Straub, H.: Die Herstellung von Kompost aus Abwasserschlämme und Hausmüll von Stadtbaurat, Berichte der Abwasser-technischen Vereinigung e.V. Die Stuttgarter Tagung, Heft 1:94, Munich, 1950.
- Van Vuren, J. P. J.: "Soil fertility and sewage," 236 pp., Faber, Londres, 1949.
- Westrate, W. A. G.: The new Dutch scheme for refuse disposal, *Public Cleansing & Salvage*, 41:332, 1951.
- Wylie, J. C.: Interim report on composting, Dumfries County Council, Escocia, 1950.
- Wylie, J. C.: Composting, *Public Cleansing & Salvage*, 41:397, 1952.
- Wylie, J. C.: Kirkconnel refuse and sewage treatment plant, *Public Cleansing & Salvage*, 43:547, 1953.