

## II. SERVICIOS LOCALES

# Eliminación de las basuras urbanas. Influencia de los factores locales y de la composición de aquéllas

628.443

por

**GREGORIO RAS OLIVA**

Doctor Ingeniero Industrial

**SUMARIO:** I. CONSIDERACIONES GENERALES.—II. EVOLUCION DE LA CANTIDAD DE BASURAS PRODUCIDAS.—III. COMPOSICION DE LAS BASURAS.—IV «LOS INSTITUTOS DE LA LIMPIEZA Y DEL EMBALAJE ACUERDAN CELEBRAR REUNIONES PERIODICAS».—V. POTENCIA CALORIFICA DE LAS BASURAS.—VI. PRINCIPALES METODOS DE ELIMINACION DE BASURAS ACTUALMENTE EMPLEADOS: 1. VERTIDO CONTROLADO. 2. TRANSFORMACION DE BASURAS EN ABONO. 3. INCINERACION: A) *Consideraciones generales.* B) *Capacidad de las instalaciones de incineración.* C) *Condiciones económicas.* 4. OTROS MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE BASURAS.—VII. CONCLUSIONES.

### I. CONSIDERACIONES GENERALES

El problema de la limpieza de las calles y de la recogida de las basuras domiciliarias de una ciudad, así como la eliminación de los productos de la limpieza pública y de dicha recogida, es uno de los problemas más importantes con que tienen que enfrentarse los Ayuntamientos, y todo ello representa un gasto que, generalmente, excede del 10 por 100 del importe de sus presupuestos ordinarios.

Dentro de este capítulo debe considerarse como una de las cuestiones más graves el de la eliminación de las basuras, cuyo problema puede decirse que ha constituido casi una novedad para los Ayuntamientos por cuanto hace relativamente pocos años tal eliminación, si bien se realizaba en condiciones sanitarias bastante deficientes, no constituía prácticamente gasto alguno para los Municipios, al dedicar aquéllas a su triaje y a la alimentación animal. Sin embargo, las circunstancias han hecho que desapareciese el capítulo de beneficios más

importantes que con tal procedimiento se obtenía, o sea, precisamente, el de la alimentación de ganado.

La desaparición de esta posibilidad, que ha coincidido con un notable crecimiento del nivel de vida en España, lo que ha traído como consecuencia un todavía mayor crecimiento en la cantidad de basuras producidas, ha sido la causa de que los Ayuntamientos se hayan visto sorprendidos por la gravedad del problema y enfrentados con la necesidad de realizar un gasto muy considerable para su resolución. El problema, desde el punto de vista económico, es tan grave que en la mayoría de los casos, por lo menos hasta el presente, escapa de sus posibilidades, y ello es así no solamente en nuestro país, sino que tiene un carácter muy general. En este sentido, y aun cuando los problemas de financiación corresponden a otra ponencia, creemos conveniente reproducir unos párrafos del discurso pronunciado por el representante del Ministerio del Interior francés en la sesión de apertura del último Congreso de la I. N. T. A. P. U. C., celebrado en París en junio de 1967. Dicho representante dijo lo siguiente:

«Por todas estas razones, los múltiples aspectos de la limpieza se imponen a los poderes públicos que se desvelan para dominarlos».

«Naturalmente los servicios de limpieza son tradicionalmente en Francia una función municipal. Es siempre a este nivel que el problema es abordado, si bien bajo formas jurídicas muy diversas. Sin embargo, el coste de los equipos necesarios, el crecimiento de las aglomeraciones supramunicipales, las necesidades del interés general, han conducido al Estado y, especialmente, al Ministerio del Interior a contemplar el asunto acordando su ayuda a las colectividades y favoreciendo las orientaciones más deseables desde el punto de vista de la eficacia y del rendimiento».

«Es así que el 5.º Plan ha previsto, a título de equipamiento programado, trabajos por un importe de quinientos millones (de francos) para la evacuación y el tratamiento de las basuras domiciliarias. La ayuda directa del Estado se traduce en subvenciones a los Ayuntamientos para equipamiento en ese aspecto. Las subvenciones del Ministerio del Interior, sólo para comunidades urbanas, alcanzan el 40 por 100 de los gastos y pueden ser completadas por préstamos de las Cajas de Préstamos y Consignaciones».

Aparte del problema económico que la solución de la cuestión que la eliminación de las basuras comporta, y que, como se ha dicho,

no es objeto del presente estudio, tal problema, tanto desde el punto de vista de su coste elevado, como del de sus implicaciones sanitarias, debe ser, en cada caso, estudiado cuidadosamente, por cuanto existen una serie de factores locales que impiden adoptar un criterio uniforme, válido para todos los casos. En el presente trabajo se pretende poner de relieve la importancia de los factores locales y la forma de tenerlos en cuenta para lograr en cada caso la solución más adecuada.

## II. EVOLUCION DE LA CANTIDAD DE BASURAS PRODUCIDAS

Uno de los factores fundamentales a tener en cuenta para enfocar el problema de la eliminación de basuras es el del crecimiento de la cantidad de las mismas producidas por individuo, crecimiento que refleja el del nivel de vida, y, además, el todavía más rápido crecimiento del volumen de las basuras producidas, dado el factor, también muy importante, de la disminución paulatina de la densidad de aquéllas, fenómeno éste que presenta también una marcada correlación, pero inversa, con el aumento del nivel de vida.

Para dar idea de la importancia del crecimiento de la cantidad de basuras producidas y de la evolución de su densidad durante los últimos años en Barcelona, baste decir que si bien el aumento de la cantidad de basuras es del orden del 10 por 100 anual, el aumento en volumen supera el 20 por 100, también anual.

Por otra parte debe considerarse que se está lejos de haber alcanzado un máximo, tanto por lo que se refiere al peso de las basuras producidas como en cuanto a su volumen, ya que si bien en Barcelona actualmente la cantidad de basuras producidas por individuo se acerca a los 800 gramos, con una densidad de unos 180 Kg/m<sup>3</sup>, en París, hace ya unos dos años, la cantidad de basuras producidas se acercaba a un kilogramo por habitante, con una densidad, en sus barrios más céntricos, de 140 Kg/m<sup>3</sup>, y debe señalarse que en los Estados Unidos se realizan estudios contando con una producción de más de dos kilogramos por individuo y día.

Todo ello obliga a proyectar las instalaciones de eliminación con gran amplitud, sin lo cual se corre el peligro de que la realidad desborde todas las previsiones, con el problema sanitario que todo ello comporta.

## III. COMPOSICION DE LAS BASURAS

Otro factor importantísimo a tener en cuenta al considerar las soluciones a adoptar para resolver el problema de la eliminación de

las basuras es el de su composición y, sobre todo, el de la evolución de la misma.

El estudio de la composición de las basuras y su evolución es siempre muy complejo, precisamente por el enorme volumen producido diariamente y por su heterogeneidad, lo cual hace muy difícil obtener muestras representativas de aquéllas.

Es, por otra parte, curioso señalar la exactitud con que la composición de las basuras de una ciudad refleja las incidencias que se han producido en la misma a través de los años. En tal sentido, creemos que los datos correspondientes a París desde 1932 a 1965, que a continuación se reproducen resumidos, constituyen una notable aseveración de lo indicado.

TABLA 1  
*Composición de las basuras.*  
(Datos correspondientes a París.)

	M E D I A Junio 1932 — %	M E D I A Junio 1946/47 — %	M E D I A Junio 1950/51 — %	M E D I A Junio 1965 — %
Materias finas de 0 a 8 mm. ....	18,5	19,0	16,7	12,9
Materias finas de 8 a 19 mm. ....	9,4	11,97	18,8	11,2
Restos de combustible .....	2,3	1,0	0,9	0,2
Materiales vegetales y putrescibles ...	38,0	42,1	32,2	24,0
Papeles y cartones .....	21,7	6,3	11,9	29,6
Metales .....	2,7	4,0	2,2	4,2
Trapos .....	2,9	2,5	2,6	5,7
Vidrios .....	2,3	2,6	4,2	3,9
Huesos .....	0,7	1,6	2,3	0,8
Restos combustibles no clasificados (madera, paja, cuero) .....	—	3,7	2,4	4,1
Restos incombustibles no clasificados (piedras, restos de cerámicas, por- celanas) .....	1,5	5,5	5,8	2,4
Plásticos .....	—	—	—	1,0

En Barcelona, en 1966 se realizó una primera determinación, y a partir de 1967 se vienen realizando determinaciones todos los meses. En la tabla 2 se reproducen los resultados correspondientes a los meses de febrero de 1966, 1967, 1968 y 1969, y aun en un período tan corto como es el indicado se aprecia ya de forma acusada la evolución de la composición de las basuras en el sentido de haberse producido una notable disminución en el contenido de las mismas en materia orgánica y, en cambio, un crecimiento muy notable en la cantidad de materias preferentemente combustibles contenidas en ellas.

Asimismo se reproducen, en la tabla 3, los datos correspondientes a los meses de julio de 1967 y 1968, lo que permite apreciar la diferencia de composición entre verano e invierno.

TABLA 2  
*Evolución de la composición en invierno en % en peso.*

	Febrero 1966	Febrero 1967	Febrero 1968	Febrero 1969
Plásticos .....	0,54	1,26	2,62	2,56
Maderas .....	0,46	1,44	0,52	0,91
Cueros .....	0,52	0,55	0,35	0,35
Pajas .....	0,78	0,81	0,17	0,42
Trapos .....	1,46	2,24	1,92	2,28
Cartón .....	0,93	2,90	3,32	1,98
Papel .....	15,89	18,48	22,47	20,10
Restos vegetales .....	63,34	38,79	48,08	48,35
Pescado .....	0,60	1,33	0,69	0,67
Pan .....	0,84	1,21	2,44	1,71
Tierras y cenizas .....	7,53	20,79	3,31	8,45
Escombros .....	0,93	2,77	1,05	1,56
Huesos .....	0,39	1,51	2,96	1,84
Cristal .....	3,14	3,09	6,27	5,71
Envases metálicos .....	2,55	2,78	3,83	3,11
<b>Resumen:</b>				
Material inerte .....	14,54	30,94	17,42	20,67
Material preferentemente fermentable.	64,78	41,33	51,21	50,73
Material preferentemente combustible.	20,58	27,68	31,37	28,60

TABLA 3  
*Evolución de la composición en verano en % en peso.*

	Julio 1967	Julio 1968
Plásticos .....	2,31	2,84
Maderas .....	1,23	1,56
Cueros .....	1,10	1,00
Pajas .....	0,64	0,51
Trapos .....	3,21	3,71
Cartón .....	2,68	1,27
Papel .....	26,22	27,95
Restos vegetales .....	33,05	36,74
Pescado .....	0,70	0,65
Pan .....	1,76	1,76
Tierras y cenizas .....	13,00	6,90
Escombros .....	1,33	1,85
Huesos .....	1,90	2,40
Cristal .....	5,53	6,25
Envases metálicos .....	3,92	4,61
<b>Resumen:</b>		
Material inerte .....	25,68	22,01
Material preferentemente fermentable.	35,51	39,15
Material preferentemente combustible.	37,21	38,84

La evolución señalada indica un cambio muy rápido y no puede pensarse, en absoluto, en que estemos próximos a llegar a una estabilización en la composición de aquéllas, sino que, por el contrario, todo hace suponer que tal evolución continuará y que se acelerará y, a este respecto, creemos conveniente señalar la preocupación que constituyen las actuales tendencias en materia de embalaje, todo lo cual queda reflejado en lo publicado en el número correspondiente al mes de enero de 1969 de la revista *Public Cleansing*.

#### IV. «LOS INSTITUTOS DE LA LIMPIEZA Y DEL EMBALAJE ACUERDAN CELEBRAR REUNIONES PERIODICAS

»El día 14 de noviembre de 1968 se celebró una reunión entre los representantes del Instituto del Embalaje y los del Instituto de la Limpieza Pública. El Instituto de la Limpieza Pública estuvo representado por su presidente, Mr. D. W. Jackson; Mr. A. E. Higginson, Concejal del Area metropolitana de Londres, y Mr. F. Roberts Birkenhead.

»Comenzó la reunión con unas palabras de Mr. Jackson, explicando que muchos de los problemas que se presentan en la recolección y distribución de las basuras son debidos a dos motivos muy importantes, ambos muy similares, esto es: el gran incremento experimentado en estos últimos años en el uso de materiales diversos para envoltorios y el gran número de personas, constantemente en aumento, que instalan calefacción central de las de combustibles no sólidos, con lo que se evita la combustión de papeles sucios. Se facilitó un detalle de los porcentajes de incremento del peso e incremento de las basuras de los últimos quince años.

»Los representantes del Instituto del Embalaje informaron a los reunidos que sabían bien poco de los problemas con que se enfrentan los funcionarios de la limpieza, y estaban convencidos, en verdad, que se alcanzaba el punto final en el momento en que las señoras colocaban todo tipo de desperdicios en el cubo de las basuras. Los funcionarios de la limpieza explicaron seguidamente los diferentes aspectos de los problemas que se presentan en cada caso, tanto en la recogida como en la distribución de las basuras. Los miembros del Instituto del Embalaje expresaron su sorpresa ante la magnitud del problema.

»Se acordó mantener, en beneficio de ambas partes, reuniones periódicas, y que en primer lugar se intercambiarían un breve sumario (synopsis) de los trabajos a presentar por cada Instituto, y el presi-

dente facilitó a los miembros del Instituto del Embalaje detalles de varios problemas, los cuales tendrían un efecto muy señalado, a tener en cuenta por los funcionarios de la limpieza al realizar estudios, a varios años vista, sobre la organización de la recogida y eliminación de las basuras.

»(1) *Botellas de vidrio.*

Tendencias actuales y futuras (se explicó que el uso de «envases de botellas no recuperables» aumentaría considerablemente en los próximos años).

»(2) *Reparto de leche.*

El empleo de envases de cartón para las entregas de leche podría causar un gran incremento en la producción de las basuras. ¿Podría el Instituto del Embalaje aportar sus puntos de vista sobre este aspecto?

»(3) *Máquinas de venta automática.*

Un vasto aumento en el uso de tales máquinas en fábricas y otros locales crearon graves problemas; incluyendo los de los recipientes de desperdicios, ¿se ha tenido en consideración algún tipo de «container» que disponga de un mejor almacenaje de los envases inservibles?

»(4) *Envases metálicos.*

Se expuso el punto de vista sobre el gran incremento que se estaba experimentando en el uso de aleaciones, en vez de la chapa de acero para diversos tipos de embalajes, en particular los botes de cerveza, confirmándose su incremento, hablándose también sobre el problema de la extracción de metales no ferrosos.

»(5) *Envoltorios de plástico.*

Se habló de los diversos tipos de plásticos y su aplicación de cara al embalaje, llegándose a la conclusión de que sería en beneficio para los funcionarios de la limpieza pública el tener un conocimiento de las futuras tendencias.

»Todos los presentes estuvieron de acuerdo en que, en el supuesto de que hubiera existido ya una unión desde hace años, hubiera significado un mutuo beneficio entre ambos Institutos y que se cele-

braría una próxima reunión en la primavera de 1969, en la cual se podría llevar a cabo un examen más detallado de muchos de los problemas y también tener en consideración el invitar a las reuniones a socios individuales del Instituto del Embalaje, directamente relacionados con los diferentes materiales que intervienen en los embalajes, esto es: metales, vidrio, papel, tablero de fibra, plásticos etc.».

En definitiva, todo lo dicho en cuanto a la evolución de la composición de las basuras puede resumirse en dos tendencias acusadas: por una parte disminución del contenido en materias orgánicas de aquéllas y un también constante aumento del contenido en materias preferentemente combustibles.

## V. POTENCIA CALORIFICA DE LAS BASURAS

Para estudiar la posibilidad de la incineración de las basuras, uno de los factores principales a considerar es el de la potencia calorífica inferior de aquéllas, valor éste muy difícil de precisar, sobre todo en un país como el nuestro en que no existe ninguna instalación importante de incineración, ya que el método más exacto para su determinación es quemar una cantidad importante de basuras, del orden de 200 Tm., en una instalación cuyo rendimiento ya se conozca y estableciendo el correspondiente balance técnico. Ello es lo que hizo Milán llevando sus basuras a quemar en la instalación de Berna.

Cuando no se puede proceder de esta forma es preciso recurrir a ensayos de laboratorio, y si antes ya se ha indicado la dificultad que representa la obtención de una muestra representativa para determinar la composición de las basuras, la dificultad es todavía muy superior en el caso de la determinación de la potencia calorífica por métodos directos de laboratorio, ya que entonces es necesario obtener una muestra de unos pocos gramos para su introducción en un calorímetro.

Dadas las dificultades que todo ello representa, se pueden seguir métodos más empíricos para juzgar las posibilidades de incinerar unas basuras determinadas y, sobre todo, por lo que se refiere a si tales basuras pueden ser susceptibles de mantener por sí mismas la combustión, o bien si es necesaria la aportación de combustible complementario. En este sentido, el ingeniero R. Tanner ha publicado sobre este tema un interesante trabajo, del cual ha aparecido un extracto en la revista *Techniques et Sciences Municipales* (julio de 1964), que permite, en función, simplemente, del contenido en tanto

por ciento de cenizas, de elementos combustibles y de agua, determinar el llamado dominio de la incineración.

Existen también otros métodos basados en el análisis de las basuras, como son el de R. J. Häfali y el recomendado por los alemanes, que aplican la fórmula:

$$H_n = 81 C + 25 S + 200 (H - O/8) - 6W (*)$$

Siendo:

$H_n$  = Poder calorífico inferior en Kcal/Kg.

$C$  = Contenido de carbono en %.

$S$  = Contenido de azufre en %.

$H$  = Contenido de hidrógeno en %.

$O$  = Contenido de oxígeno en %.

$W$  = Contenido de agua en %.

En el caso de Barcelona se han realizado diversos ensayos, durante el año 1968, utilizando distintos métodos, los cuales, por la dificultad de obtener muestras representativas y por las variaciones estacionales que se producen, presentan una dispersión notable. A pesar de esta dispersión, la potencia calorífica inferior de las basuras de Barcelona ya superaban en 1968 el límite inferior de las 1.000 Kcal. por kilogramo que se considera indispensable para que las basuras puedan quemar por sí mismas sin la aportación de combustible auxiliar alguno.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta la progresiva disminución del contenido en materias orgánicas de las basuras y su aumento en materias combustibles a que antes se ha hecho referencia, todo lo cual se traduce en un rápido aumento de la potencia calorífica y así, por ejemplo, en el caso de Berna, el poder calorífico inferior de sus basuras, que en 1955 era de 1.160 Kcal/Kg., pasó a 1.620 en 1961 y actualmente se acerca a las 2.000 Kcal/Kg.

Realizadas estas consideraciones generales, a continuación se pasa al estudio de los principales métodos de eliminación actualmente empleados, estudiando las ventajas e inconvenientes que cada uno de ellos ofrece.

## VI. PRINCIPALES METODOS DE ELIMINACION DE BASURAS ACTUALMENTE EMPLEADOS

Entre los métodos empleados con mayor generalidad, en todo el mundo, deben citarse los siguientes:

(\*) Dr. W. GUMZ: *Handbuch der Brennstof- und Fauerungs-Technik*. Verlag Sfinger, 1942 (pág. 42).

Vertido controlado.

Transformación de las basuras en abono.

Incineración.

Otros métodos.

Ello sin hacer referencia a métodos como el de vertido directo, por cuanto este procedimiento debe ser totalmente prohibido.

Después de estudiar estos métodos se hará referencia a otros que actualmente parecen dibujarse, los cuales no son tratados a fondo por falta de informaciones más concretas.

#### 1. VERTIDO CONTROLADO.

Es muy frecuente ver en España, lo mismo que en otros países extranjeros, vertederos de basuras en los cuales no se toma la más mínima precaución, con todos los inconvenientes que ello representa tanto desde el punto de vista estético como del sanitario, con la consiguiente aparición de insectos, roedores y malos olores. Es una lástima esta forma de proceder, por cuanto con un gasto relativamente pequeño, sobre todo con la agrupación de varios Municipios, cuando éstos son pequeños, se puede convertir el vertido libre en un vertido controlado, con las grandes ventajas que este sistema presenta con relación al anterior.

Creemos inútil definir qué se entiende por vertido controlado, pero sí debe insistirse acerca del cuidado con que debe ser conducido si no se quiere que degenera y se convierta, como máximo, en un vertedero semicontrolado.

Las máximas precauciones, aparte del cuidado de que no queden basuras sin tierras, deben tomarse en cuanto al espesor de las capas de basura extendidas y por lo que se refiere a la capa de recubrimiento. Como es sabido, lo que se pretende es que la fermentación de la basura vertida no se convierta en anaerobia, en cuyo caso se produce inmediatamente el desprendimiento de gases malolientes. En definitiva, existe un procedimiento muy cómodo para determinar si el proceso de fermentación se desarrolla debidamente y, en consecuencia, en cuanto a si el espesor de la capa de basuras y la de recubrimiento, y si el material empleado a tal fin, son adecuados, lo que permite ir introduciendo, sobre la marcha, las modificaciones convenientes. Tal sistema consiste, simplemente, en llevar un control de la evolución de la temperatura en la masa de basuras vertidas, por cuanto es bien sabido que la fermentación aerobia se desarrolla a una temperatura notablemente superior a la de la fermentación anaerobia.

Uno de los puntos importantes, como ya se ha indicado, es el del material empleado para el recubrimiento de las basuras y, en este sentido, es de señalar que cuando en un vertedero controlado se producen malos olores ello es atribuido, por las personas profanas en la materia, a escasez de recubrimiento, cuando muchas veces ello es debido al efecto contrario, o sea, al empleo de un material de recubrimiento como, por ejemplo, un material de tipo arcilloso, que por su impermeabilidad impide la penetración del aire, con lo que, en consecuencia, se presentan los fenómenos propios de la anaerobiosis. En consecuencia debe tenderse a materiales de recubrimiento porosos, como por ejemplo la arena, pero, en muchos casos, resulta muy gravosa la obtención de materiales de esta naturaleza, sobre todo si se tienen que transportar desde distancias considerables, y se ha podido comprobar que, en tal caso, se obtienen buenos resultados empleando cascote y material de derribo de obras, lo cual, en general, constituye un material que se puede obtener con relativa abundancia y, prácticamente, sin coste alguno. En este sentido, el que suscribe ha tenido ocasión de realizar pruebas con muy buenos resultados.

El vertido controlado tiene la ventaja de que, además de no suponer problemas sanitarios, si es conducido debidamente, constituye un sistema barato de eliminación de basuras y que, muchas veces, permite resolver, sin coste alguno, problemas de terraplenado que realizados con otros materiales supondrían un coste elevadísimo. Evidentemente tal operación de terraplenado con basuras no puede realizarse en terrenos destinados al emplazamiento de futuros edificios, por las dificultades de cimentación que ello supondría, pero sí, en cambio, y muy provechosamente, en el caso de terrenos destinados a futuras zonas verdes y, también, a instalaciones deportivas. Es un ejemplo ya clásico de ello la exposición floral que tuvo lugar en Viena en 1964, que se construyó sobre un antiguo vertedero de basuras.

En Barcelona se está realizando, en este sentido, una experiencia en gran escala que consiste en el relleno de las antiguas canteras de Montjuich de las cuales ha salido la piedra para la edificación de Barcelona desde tiempos muy antiguos y, concretamente, la que se utilizó para la construcción de las murallas romanas de la ciudad. En dicho vertedero controlado se han vertido, desde 1960, casi un millón y medio de toneladas de basuras y actualmente se vierten en el mismo más de 1.000 toneladas diarias.

Esta operación se viene realizando con un coste unitario muy reducido, cuyo detalle es el siguiente:

VERTEDERO.—COSTE POR TONELADA DE BASURA RECOGIDA

Promedio correspondiente a los meses de enero, febrero y marzo de 1969.

*Personal.—Coste diario:*

1,—	Jornales	encargado de chofer con una hora extra, a .....	631,99	631,99	
0,1026	»	encargado de chofer extra al 25 por 100, a .....	789,98	81,05	
1,—	»	capataz, a .....	465,37	465,37	
0,2068	»	capataz extra al 25 por 100, a .....	581,71	120,29	
7,3809	»	peón con una hora extra, a .....	310,50	2.291,76	
0,9359	»	peón extra al 25 por 100, a .....	388,12	363,24	
3,1458	»	vigilante, a .....	274,23	862,67	
1,2053	»	chofer con dos horas extras bulldozer, a .....	539,60	650,37	
1,—	»	chofer (subvención), a .....	50,—	50,—	
1,2053	»	chofer con dos horas extras pala cargadora, a .....	539,60	650,37	
1,—	»	chofer (subvención), a .....	50,—	50,—	
					6.217,11

*Material.—Coste diario:*

14,63	Horas tractor D-6 con pala empujadora (alquiler), a .....	590,—	8.631,70	
29,69	Horas tractor CAT-955 H con pala cargadora (alquiler), a .....	450,—	13.360,50	
93,95	Litros gas-oil pala cargadora 977 K, a .....	7,50	704,62	
	Promedio diario gastos mantenimiento .....		218,68	
117,26	Litros gas-oil bulldozer D-7, a .....	7,50	879,45	
0,6532	Jornales autocamión transporte de tierras, a .....	1.108,51	724,07	24.519,02
				30.736,13
				4.303,05
				35.039,18

Aumento 14 % contrata ....

Toneladas vertidas diariamente: 1.090 Tn.

$$\text{Coste por Tn.} \frac{35.039,18}{1.090} = 32,14 \text{ ptas/Tn.}$$

Si se compara este coste con el gasto que debería haberse realizado para rellenar dichas canteras con otros materiales, con el fin de regularizar la topografía de la montaña, antes de su conversión en parque, se comprende fácilmente que, en realidad, la ciudad ha obtenido con ello un ahorro muy considerable.

Sin embargo, debe señalarse que la operación realizada en Barcelona, aun cuando se ha llevado un control bastante riguroso, no se ha podido realizar sin ninguna dificultad por el hecho de que si bien las canteras que se están rellenando representan un gran volumen, debido a su mucha profundidad, su extensión superficial no es lo suficientemente grande que sería de desear para una operación de esta envergadura, lo cual obliga, algunas veces, a superponer capas de basura sin que haya transcurrido el tiempo necesario para que se haya completado la fermentación aerobia de la capa anterior, lo cual ha motivado la existencia de algunos desprendimientos de gases hidrogenados. Debe tenerse en cuenta que para poder llevar un vertedero de tal importancia en la forma debida, se ha calculado que se debería disponer de una superficie de unas 20 hectáreas, superficie superior a la que se dispone actualmente en la montaña de Montjuich. A pesar de los inconvenientes, de relativa importancia, señalados, en el caso de Montjuich se ha logrado la explotación de un vertedero controlado en gran escala y, desde el punto de vista económico, muy favorablemente, lo que ha permitido obtener el bajo coste antes reseñado. En este sentido es muy importante la elección del terreno adecuado para realizar el vertido controlado, dadas las consecuencias económicas de que ello pueden derivarse. Así, el que suscribe ha tenido ocasión de estudiar un nuevo vertedero controlado para una población próxima a Barcelona, en cuyo caso, debido a las particularidades que allí se presentaban, que obligan al establecimiento de una impermeabilización previa del terreno con el consiguiente drenaje, para evitar la contaminación de las aguas subálveas, factor este importantísimo a tener siempre en cuenta, conjuntamente con las circunstancias topográficas que se presentaban, que obligaban a realizar importantes excavaciones para obtener espacio necesario y el material de relleno conveniente, se llegaron, en este caso a costes por tonelada vertida de orden notablemente superior al anteriormente indicado para el caso de Barcelona.

De todo ello, pues, se deduce la necesidad de realizar, sobre todo en el caso de vertederos importantes, un estudio minucioso de todas las circunstancias previsibles a fin de determinar la situación más conveniente de un vertedero controlado, con lo cual pueden obtenerse

soluciones muy ventajosas tanto desde el punto de vista económico como sanitario. Sin embargo, como que, según se ha visto, se precisan unas superficies muy importantes, difíciles, en general, de obtener, es muy interesante poder destinar a tal fin las futuras zonas verdes, con lo cual el coste de adquisición de los terrenos ya no debe cargarse a la propia operación de vertido, con la ventaja de que con ella se puede mejorar no solamente el subsuelo de la zona verde, sino, como es el caso de Barcelona, la topografía de la misma, adaptándola a las necesidades de la repetida futura zona verde. Para ello es preciso programar una política de zonas verdes a largo plazo, con la debida coordinación entre los servicios afectados.

Los costes unitarios que se han iniciado se refieren a vertederos importantes, con la aportación diaria de doscientas o trescientas toneladas diarias de basuras, y estos costes pueden variar notablemente, no solamente con las circunstancias locales descritas, sino también, naturalmente, al decrecer la cantidad de basuras vertidas diariamente, por cuyo motivo, en el caso de Municipios pequeños, es muy importante su agrupación, con el fin de explotar conjuntamente un mismo vertedero, con la reducción de costes que ello supondrá.

Es importante señalar la importancia de los vertederos de basuras y otros desperdicios, ya que se trata de un método que no debe ser desechado en absoluto, ya que, incluso disponiendo de otros métodos de eliminación, como los de incineración o de transformación en abono, siempre es necesario disponer de vertederos, ya sea para los residuos de estas últimas operaciones, para los desperdicios industriales, para absorber los desfases entre la capacidad de aquellas instalaciones y las basuras producidas, para cubrir variaciones estacionales o, en todo caso, por los inevitables períodos de paro de las instalaciones, ya sean de incineración o de transformación en abono.

En definitiva, puede afirmarse, sin lugar a dudas, que este método es el que se emplea en mayor escala, en todo el mundo, incluso en las naciones más adelantadas en cuanto a su preocupación respecto a los problemas de la higiene pública. Como ejemplos concretos de ciudades que, aparte de Barcelona y Madrid, cuando menos en parte, utilizan este método de eliminación, cabe citar Londres, París, Frankfurt, Nueva York, Los Angeles, etc.

## 2. TRANSFORMACIÓN DE BASURAS EN ABONO.

No se entra en las técnicas de transformación de las basuras en abono, por cuanto aun existiendo diversas modalidades respecto a los métodos a emplear, consideramos que ello, en esencia, es ya sobradamente conocido, por lo menos para los técnicos que se dedican a los temas propios de la limpieza pública en general, pero se considera indispensable enfocar el tema en cuanto a las verdaderas posibilidades de este método de eliminación, y así estimamos existe una disparidad de criterios que se traduce en una verdadera desorientación. Por una parte existen una serie de hechos y de opiniones contrarias a la utilización de este procedimiento de eliminación, por lo menos en gran escala y, por otra parte, es indudable la necesidad de aportar materia orgánica, en gran proporción, a los terrenos cultivables y que la transformación de las basuras en abono pueda ser un medio eficaz para lograr una fuente económica de materia de tal naturaleza.

Vamos a intentar resumir los hechos y opiniones que parecen limitar las posibilidades de los métodos de transformación de las basuras en abono y después se citarán los factores favorables a ella, con el fin de tratar de sentar unas conclusiones en el sentido de poder despejar las incógnitas que actualmente se presentan, orientadas a una acción eficaz en beneficio de los Municipios y de la agricultura en general.

En cuanto a los hechos u opiniones que parecen limitar las posibilidades de la transformación de las basuras en abono, que deseáramos ver completadas e incluso, en su caso, desmentidas por las experiencias de otros técnicos con mayor conocimiento del problema, debemos citar lo siguiente:

1.º Según las informaciones que se han podido recoger, y que deseáramos ver contrastadas, prácticamente ninguna de las instalaciones actualmente existente en España está, al parecer, en período de crecimiento y, mientras existen diversas ciudades españolas que ya poseen plantas de transformación en abono y otras que las están construyendo, debe citarse el caso de Barcelona, en que habiéndose adjudicado dos plantas de transformación en abono, una de 200 toneladas y otra de 500, la primera adjudicación se anuló por no haber constituido el depósito definitivo, y la segunda, aun habiendo transcurrido un período de tiempo bastante dilatado desde la adjudicación, no se ha iniciado.

2.º En el número correspondiente al mes de mayo de 1967 de la revista *Techniques et Sciences Municipales*, M. Mesnil, Ingeniero «du Génie Rural, des Eaux et des Forêts», de la Sección técnica central de los Servicios Públicos Rurales del Ministerio de Agricultura de Francia, y G. Bagnenier, Ingeniero de la Dirección General de Colectividades Rurales del Ministerio del Interior del mismo país, han publicado un artículo sobre la evacuación y tratamiento de residuos urbanos, en el que entre otras cosas se dice:

«Una planta de tratamiento de basuras con vistas a su utilización agrícola debe ser esencialmente considerada como equipamiento sanitario de una colectividad, destinado a hacer desaparecer los inconvenientes inherentes a los elementos cuyo simple vertido produce molestias higiénicas y estéticas. El «compost» producido constituye, en cierta forma, un subproducto de estas instalaciones de saneamiento cuya venta viene a disminuir su coste de funcionamiento, al mismo tiempo que permite recuperar para la agricultura los elementos fertilizantes que contiene. Pero hace mucho tiempo que se sabe que una planta de este tipo no es rentable, como debe serlo una instalación industrial, si se tiene en cuenta el capital invertido en su construcción. Es en razón de este aspecto de operación no rentable de saneamiento que el Estado subvenciona la realización de tales instalaciones. Su participación financiera tiene en cuenta, igualmente, el interés que presenta, desde el punto de vista agrícola, la restitución al suelo de elementos procedentes del mismo».

Más adelante los mismos autores dicen, después de destacar la dificultad de establecer estimaciones precisas:

«Sin embargo, se puede evaluar en una primera aproximación que el producto de la venta del «compost» y de los desperdicios comercializables puede cubrir, en las condiciones normales, las cargas del capital y los gastos de funcionamiento de las plantas en una proporción que varía entre el 35 y el 60 por 100, según el tipo de instalación, la calidad de «compost» y sus posibilidades de venta».

3.º En el Congreso de la «Asociación Internacional de Limpieza Pública», celebrado en París del 26 al 30 de junio de 1967, la «Vuil Afroer Maatschappij» (Sociedad para la eliminación de residuos), entidad holandesa, cuyo principal accionista es el Estado, presentó un informe acerca de la comercialización del «compost» en su país; su intervención fue la más optimista de todas las que hubo en cuanto a las posibilidades de venta de dicho producto. Tal sociedad, como conclusiones finales de su intervención, dice:

«El *slogan* «compost» V. A. M. para la salud del suelo» es corriente en los Países Bajos. Su validez está confirmada por una experiencia de varias decenas de años.

»El interés del «compost» en otros países debe ser estudiado en cada caso. De todas formas, los que consideren que la transformación de las basuras municipales en «compost» es una operación lucrativa corren el riesgo de resultar desengañados.

»Como todos los métodos de transformación de residuos (incineración y vertido), la transformación en «compost» es onerosa. La relación entre el coste de esta transformación y el de otros métodos es función de numerosos factores que pueden ser muy variables de un punto a otro.

»Nosotros seremos muy felices beneficiando con nuestra experiencia a aquellos convencidos del interés de aumentar la fertilidad del suelo o por lo menos de conservarla a un cierto nivel, lo que puede exigir ciertos sacrificios.

»En los Países Bajos confiamos en el futuro de la industria del "compost"».

4.º Del informe de la aludidad sociedad holandesa se deduce que las ventas de «compost» durante los últimos seis años prácticamente no ha aumentado, ya que estos han sido:

1961 .....	157.372 Tm.
1962 .....	159.424 »
1963 .....	154.616 »
1964 .....	159.977 »
1965 .....	159.262 »
1966 .....	160.045 »

También se deduce de dicho informe el siguiente destino del producto vendido, en tantos por ciento:

	Horticultura	Fines no agrícolas	Agricultura
1961 .....	32,7	26,7	40,6
1962 .....	36,1	31,9	32,0
1963 .....	39,1	33,3	27,6
1964 .....	45,3	34,5	20,2
1965 .....	40,4	41,8	17,8
1966 .....	43,4	41,7	14,9

5.º Debe tenerse en cuenta que la agricultura holandesa y francesa tiene, con toda seguridad, unos rendimientos superiores a la española, y que así como en nuestro país los precios de venta son, en las actuales instalaciones, de unas 500 pesetas/tonelada en fábrica, so-

bre camión, los precios que dan en Francia son de 10 a 40 NF y en Holanda 12,5 florines. Además, en Francia, el Ministerio del Interior subvenciona, a título de instalación de saneamiento, en una cantidad que varía entre el 10 y el 30 por 100 de su valor, para los Municipios urbanos. Para los rurales, el Ministerio de Agricultura va a definir un nuevo régimen de ayuda financiera. Finalmente, la «Caisse des Dépôts et Consignations» concede préstamos al 5,25 por 100 en veinte años.

6.º La GIROM («Groupe International de Recherches sur les Ordures Ménageres») ha publicado en su Boletín de Información número 25 (diciembre de 1965) un estudio de J. S. Willy sobre el desarrollo del «compostage» en los Estados Unidos, en cuyo estudio se incluye el cuadro resumen de la página siguiente sobre las plantas de «compost» en dicho país.

Existen, en cambio, factores favorables por las buenas condiciones que se presentan en nuestro país para que la transformación de basuras en abono pueda tener buen éxito. A juicio del que suscribe, los factores fundamentales en este sentido son dos:

1.º Los terrenos cultivables de nuestro país están, en general, más faltos de materia orgánica que los de la mayoría del resto de Europa. Ello es así por factores climatológicos, por cuanto el calor favorece la mineralización de los campos.

2.º Nuestras basuras tienen un contenido de materia orgánica notablemente superior al promedio europeo, lo cual hace que, a partir de ella, se pueda obtener un producto de superior calidad al de otros países. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, tal como al principio se ha indicado, esta composición, incluso en nuestro país, varía en el sentido de disminuir notablemente su contenido orgánico. Ello es un factor fundamental a tener en cuenta, dado el largo período de amortización que precisa toda instalación de eliminación de basuras.

A pesar de estos factores favorables, los últimos concursos celebrados para la creación de plantas de transformación de basuras en abono acusan, por la disparidad de las ofertas presentadas, la desorientación a que al principio de este capítulo se hace referencia, y ello no puede atribuirse únicamente a la diferente influencia de los factores locales de un punto a otro de España, ya que tales diferencias existen, muy marcadas, entre las ofertas presentadas en un mismo concurso y constituye un ejemplo de ello el que acaba de realizar la Comisión de Urbanismo y Servicios Comunes de Barcelona y otros

Emplazamiento	Empresa	Procedimiento	Capacidad Tm/día	Puesta en marcha	Estado en 1965
Altona, Pensilvania .....	Altona F. A. M. Inc. ....	Fainfeld-Hardy .....	41	1951 1963	En explotación.
Largo, Florida .....	Peninsular Organics, Inc. ...	Peninsular-organics .....	45	1963	En explotación.
Norman, Oklahoma .....	International Disposal .....	Naturizer .....	32	1959	Cerrada en 1964.
Phoenix, Arizona .....	Arizona Biochemical Co. ...	Dano .....	270	1963	Cerrada en 1963.
Sacramento, California .....	Dano of America Inc. ....	Dano .....	36	1956	Cerrada en 1963.
San Fernando, California.	International Disposal Corp.	Naturizer .....	63	1963	Cerrada en 1964.
Springfield, Mass. ....	Springfield Organic Fertilizer Co. ....	Fracer Eweson .....	18	1954	Cerrada en 1962.
Williamston, Mich. ....	City of Williamston .....	Riker .....	4	1955	Cerrada en 1962.
Wilmington, Ohio .....	Good Riddance Inc. ....	Compostage en monto .....	18	1963	En explotación.

Municipios, en virtud del cual se presentaron proposiciones de construcción y explotación de una planta para transformar 300 toneladas de basuras en abono, las cuales, en su parte económica variaban desde no solicitar ninguna subvención hasta ofertas que solicitaban subvenciones de más de 250 pesetas/tonelada de basuras eliminadas, si bien, por lo menos en parte, estas variaciones son atribuibles al mayor o menor grado de selección que se proponían establecer para recuperar productos directamente aprovechables, o bien a si la eliminación de los residuos no aprovechables ni transformables en abono se realizaba mediante su simple traslado a vertedero o mediante la instalación de un horno complementario de incineración.

Creemos, sin embargo, que todos los factores citados no son suficientes para justificar la disparidad en las proposiciones presentadas y a ello nos referimos al hablar de la desorientación existente. Es importantísimo, pues, despejar todas las incógnitas que se presentan en esta cuestión. Para ello, a juicio del que suscribe, debería procederse de acuerdo con el siguiente esquema:

1.º La Administración, a través del organismo que creyese más conveniente, debería construir a sus expensas una planta piloto, pero de tamaño industrial, en principio con una capacidad del orden de unas 200 toneladas diarias, que al propio tiempo y en forma de centro de investigación ensaye, paralelamente y a pequeña escala, distintos métodos de eliminación y, especialmente, de trituración, para determinar los sistemas más adecuados a nuestras basuras y a nuestras condiciones climatológicas.

2.º Debería crearse una sociedad mixta, exclusivamente para la comercialización del producto obtenido, a base de la propia Administración y de una importante entidad dedicada a la venta de abonos. Ello permitiría una investigación a fondo del mercado, determinando las posibilidades reales del producto, las calidades más adecuadas a los distintos tipos de cultivo y los posibles precios de venta.

3.º Conjuntamente con los Servicios agronómicos del Estado y de Organismos provinciales, e, incluso, otros, como los Servicios de Parques y Jardines de los Ayuntamientos de Madrid y Barcelona, etcétera, deberían realizarse fundamentales estudios en cuanto a la calidad del producto y a su rendimiento en cultivos diversos, labor a todas luces imprescindible para lograr la introducción de este producto en el mercado, en gran escala, y que se viene realizando en todos los países interesados en este asunto y particularmente en Holanda, por cuanto todo el mundo está de acuerdo en que la introduc-

ción del producto entre los agricultores es la labor más difícil e importante.

La experiencia que con ello podría obtenerse sería utilísima, tanto para los Ayuntamientos como para la agricultura, en general, del país, y permitiría establecer la pauta a seguir en el futuro a la vez que podría constituir el punto de arranque para conseguir una subvención estatal para instalaciones de este tipo, si con ello se demostrase que el producto obtenido era beneficioso para la agricultura, pero siempre que se vendiese a bajo precio y en condiciones que, para los Ayuntamientos, no resultase rentable la explotación de tal tipo de plantas.

Es de señalar que la forma de actuación que se propone, a base de construir y hacer funcionar la instalación a cargo de la Administración y de constituir una empresa mixta para la comercialización, es corriente en otros países (Holanda y Francia concretamente) y tiene la gran ventaja de que no se deja el funcionamiento de una instalación, cuya finalidad primordial es de orden sanitario, en manos de particulares cuyo interés es, como es lógico, obtener un rendimiento económico.

Aparte de todo lo dicho, existe otro punto importante a considerar, que es el del *tamaño máximo* de las instalaciones de transformación de basuras en abono que, en condiciones normales, puede considerarse óptimo, ya que si bien en España existen diversas instalaciones en funcionamiento, con mayor o menor éxito, la adjudicada por el Ayuntamiento de Barcelona, que sería, sin duda, no solamente la mayor de España, sino la mayor de Europa, por cuanto al renunciar uno de los adjudicatarios a la construcción de una planta para 200 toneladas diarias se amplió la adjudicación al segundo, en el sentido de construir una planta para tratar diariamente 700 toneladas de abono, no ha sido todavía, acaso por diversas causas, iniciada, y todo hace creer que uno de los motivos del retraso es precisamente la gran capacidad de esta planta.

Por otra parte, en Europa no son corrientes plantas de más de 200 a 300 toneladas diarias, y si bien, parece ser, en Moscú se está construyendo una planta para transformar diariamente 600 toneladas de basuras, las condiciones económicas especiales reinantes en Rusia pueden hacer que tenga éxito una planta de una capacidad mayor que la recomendable en otros países. También en Tel-Aviv existe una planta para tratar diariamente 400 toneladas, que al parecer debía ser ampliada, sin que se tengan noticias acerca de si ello ha

sido llevado a efecto, pero también hay que reconocer que, en el caso de Israel, se dan unas circunstancias muy particulares, principalmente por la naturaleza de los terrenos que se están poniendo en cultivo.

Todo ello hace suponer, y merecería ser objeto de un estudio más profundo, que si bien la transformación de basuras en abono es un procedimiento que merece, sin duda alguna, ser tenido en cuenta, especialmente desde el punto de vista agrícola, difícilmente puede ser la total solución en el caso de una aglomeración urbana importante, ya que ciudades como París e incluso menores, como Zurich y Ginebra, dedican fundamentalmente sus basuras a la incineración, y, en cambio, aglomeraciones menores situadas en sus alrededores dedican las suyas a su transformación en abono, con lo cual se logra reducir el transporte de los productos obtenidos.

### 3. INCINERACIÓN.

#### A) *Consideraciones generales.*

El método de eliminación por incineración es, sin duda, el más completo desde el punto de vista sanitario, puesto que los problemas de contaminación que podrían presentarse están perfectamente solucionados mediante el empleo de filtros electrostáticos, que permiten obtener humos con un contenido de polvo menor de 0,15 gramos por metro cúbico normal, con lo que es posible situar instalaciones de esta clase en la propia población, como ocurre en París, Zurich, Berna, etcétera. Naturalmente, las instalaciones de incineración también producen productos (cenizas y escorias) que es preciso eliminar, pero estos subproductos no presentan los inconvenientes de la basura, por ser inertes y representar, en peso, solamente del orden de un 20 por 100 del de aquéllas y un volumen notablemente menor, por su mayor densidad. En algunas ciudades parece ser que tales cenizas y escorias son vendidas para ser destinadas a trabajos de pavimentación (sub-bases), pero ello, en general, es problemático, y, en todo caso, es fácil encontrar vertederos adecuados para dichas escorias.

El primer problema que debe plantearse para crear grandes centrales de incineración, que puedan funcionar sin aportación de combustible exterior, es el de la potencia calorífica de las basuras a quemar y, también, dato igualmente importante, la evolución de esta potencia. Anteriormente ya se ha hecho referencia a la forma de proceder para determinar dicha potencia calorífica y se han reproducido los resultados encontrados en el caso de Barcelona, que indican

que, en el caso de esta última ciudad, ya se está, prácticamente, en situación de poder quemar sus basuras sin aportación de combustible complementario.

Se ha hecho referencia también a la evolución que se está produciendo en la composición de las basuras, y ello hace que la rápida evolución de la potencia calorífica de las basuras en nuestro país sea muy probable. Por una parte, el constante aumento del nivel de vida se traduce, como es sabido, en un notable incremento del consumo de papel, cartón, plásticos, etc., todo lo cual viene reflejado en las tablas referenciadas anteriormente. Además, en nuestro país, muchos alimentos todavía son presentados al consumidor en forma que contienen gran cantidad de desperdicios, los cuales, lógicamente, no deberían ser transportados hasta los puntos de consumo. Con el incremento que está experimentando el consumo de productos congelados o refrigerados, tales desperdicios disminuyen grandemente, pero todavía la cantidad de desperdicios que presentan los actuales alimentos, especialmente los vegetales, son muy grandes, y, así, en Barcelona se recogen diariamente más de 130 toneladas de desperdicios de los mercados, a los que deben agregarse los que son eliminados por el consumidor en su propio domicilio.

En general pueden ser quemadas, sin aportación de calor exterior, basuras con una potencia calorífica inferior, superior a 1.000 Kcal/Kg. y cuando dicha potencia está comprendida entre 800 y 1.000 Kcal/Kg. es necesaria una aportación de calor que, en general, se realiza en forma de fuel-oil.

En ello estriba precisamente la necesidad, para proyectar adecuadamente un horno de incineración, de conocer no solamente la potencia calorífica de las basuras en dicho momento, sino también la rapidez de su evolución. Sin estos datos se corre el peligro de construir un horno capaz de quemar unas basuras excesivamente pobres, y, al propio tiempo, con una vida muy limitada, o bien, por el contrario, un horno adecuado para basuras excesivamente ricas en cuanto a potencia calorífica con relación a la real en la localidad, lo que representaría la necesidad de añadir un combustible auxiliar.

Todo ello tiene también relación con la posibilidad de recuperar la energía térmica producida, lo cual puede constituir un medio eficaz para reducir el coste de la incineración, pero no debe perderse de vista que el objeto perseguido es, en realidad, el de eliminar la basura en la forma más higiénica posible. Sin embargo, tal recuperación de calor parece ser que empieza a ser rentable a partir de

instalaciones de cierta importancia y son, generalmente, las que queman más de 100 a 150 Tm/día las que están equipadas para realizar tal recuperación.

Tal parece ser la norma que se sigue en Europa, excepto en el caso de Inglaterra, lo cual puede explicarse por la abundancia de combustible sólido que existe en dicho país y por el hecho de que en sus instalaciones de incineración se realiza, casi siempre, una previa selección de materiales recuperables para la industria, principalmente papel, lo cual, con toda probabilidad, disminuye la importancia de la recuperación de calor.

Tampoco en los Estados Unidos se realiza, corrientemente, tal recuperación, pero debe tenerse en cuenta la riqueza del país y que, por la extensión del mismo, es posible situar las instalaciones en forma que no exijan una depuración de sus humos tan acusada como en Europa, lo cual tiene también su contrapartida, pues si bien una instalación de incineración de basuras sin recuperación de calor tiene un coste más reducido, por el ahorro del correspondiente equipo, presenta la desventaja de que debe ser dotada de otros equipos complementarios para enfriar adecuadamente los gases, con el fin de poderlos depurar eficazmente antes de ser lanzados a la atmósfera.

En el caso de que se pretenda realizar la recuperación de la energía producida, se presenta el problema de decidir el tipo de recuperación a adoptar y, en cuanto a esta decisión, tienen mucha importancia las condiciones climatológicas de la zona de emplazamiento de la instalación. Dos son las formas principales de aprovechamiento de la energía producida, o bien directamente en forma de calor o bien en forma de energía eléctrica. Es un hecho cierto que cuando existe mercado consumidor, es más rentable la venta del calor en forma de vapor que no en forma de energía eléctrica, pero la venta de vapor, o sea, en definitiva, de calor, presenta el inconveniente de que su rentabilidad exige disponer de una demanda bastante constante durante casi todo el año, lo cual es fácil de conseguir en las regiones de clima frío, en cuyo caso el vapor producido se emplea preferentemente para alimentar redes urbanas de calefacción o para establecimientos, tales como hospitales, clínicas, etc. En tales casos se trata de conseguir que, con el vapor obtenido de la incineración de las basuras, se cubra la demanda mínima anual y que con centrales térmicas suplementarias, alimentadas con otros combustibles, se cubran los períodos de punta.

Sin embargo, en los países meridionales, y, concretamente, en el

caso de España, es muy difícil conseguir el suficiente consumo constante, durante todo el año, que justifique el aprovechamiento directo del calor en forma de vapor y resulta, por tanto, necesario recurrir a la transformación del vapor en energía eléctrica, en cuyo caso es más fácil conseguir un consumo constante. La constancia del consumo es muy importante, ya que una central de incineración de basuras funciona como una central hidráulica, sin embalse regulador, puesto que la basura, por sus características, debe ser incinerada a medida que va llegando a la planta y es, por tanto, imposible acumularla para ser consumida en las horas de mayor demanda de energía eléctrica.

B) *Capacidad de las instalaciones de incineración.*

El coste de las instalaciones de incineración, así como el coste de su explotación, disminuye con rapidez al aumentar su capacidad.

C) *Condiciones económicas.*

No existe experiencia propia, en España, en cuanto a los resultados económicos que pueden obtenerse en instalaciones importantes de incineración, por no existir instalaciones de tal tipo, pero el Ayuntamiento de Barcelona ha realizado una serie de estudios previos, los cuales hacen esperar que con una instalación de, como mínimo, 600 toneladas diarias de capacidad, se puedan obtener, con la venta de la energía producida, unos beneficios que cubran, e incluso superen en algo, a los gastos de explotación de la instalación, por cuyo motivo parece ser que próximamente se convocará un concurso para la construcción y explotación de una planta de tal tipo. No se reproducen aquí dichos estudios, dado que, por una parte, son de carácter exclusivamente teórico y, por otra, con la convocatoria de dicho concurso se podrá disponer, dentro de pocos meses, de datos mucho más concretos y de mayor fiabilidad.

Con tal instalación se espera obtener un coste por tonelada incinerada, incluida la amortización de la instalación, del orden de las subvenciones que se solicitaban en el último concurso convocado por la Comisión de Urbanismo y Servicios Comunes de Barcelona y otros Municipios. Debe tenerse en cuenta, por otra parte, que si bien, como queda dicho, se espera obtener precios de coste de orden similar al de las ofertas presentadas en dicho concurso para la transformación en abono, se considera indispensable, en el caso de Barcelona, dedicar

una parte importante de sus basuras a la incineración, ya que la transformación en abono no se considera solución total en el caso de una población que produce más de 1.400 toneladas de basura diariamente y rodeada de una comarca densamente poblada, que, por otra parte, hace muy difícil poder instalar nuevos vertederos capaces para poder absorber sus basuras durante un dilatado período de tiempo.

Estimamos, pues, que la convocatoria de un concurso para la construcción y explotación de una planta para la cremación de basuras de la capacidad indicada permitirá obtener una información de gran valor, no solamente para la propia Barcelona, sino también para otros Municipios importantes de nuestro país.

#### 4. OTROS MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE BASURAS.

El problema de la eliminación de las basuras se está convirtiendo en una cuestión agobiante no sólo para nuestros Municipios, sino para todo el mundo, lo cual hace que exista una preocupación constante para encontrar nuevos métodos de eliminación que permitan la resolución de este problema en forma más económica.

Nos proponemos citar algunos nuevos procedimientos de eliminación de los cuales se tiene noticia, pero sin profundizar el estudio, tanto por falta de experiencia directa como por el hecho de que la información de que se dispone es escasa. Sería de gran valor para nosotros poseer información complementaria que nos pudiesen facilitar los asistentes al presente Seminario, una de cuyas finalidades principales estimamos debe ser, precisamente, el intercambio de experiencia, informaciones y pareceres.

Un nuevo método de transformación en abono, que parece ser muy interesante, consiste en una selección y una trituración muy fina de la basura, para ser, posteriormente, secada, con el fin de reducir su humedad a menos del 5 por 100, con lo que asegura que el producto obtenido ya no entra en fermentación, precisamente por su escaso contenido en humedad. El producto secado es sometido a una operación de granulado y es ya directamente vendido como materia orgánica a incorporar a los campos de cultivo, en forma que su fermentación se realice una vez mezclado con el propio terreno.

Tal método consideramos que es muy interesante por el hecho de suprimir la operación de fermentación, operación esta siempre delicada y susceptible de producir malos olores y la presencia de insectos y roedores, si no es conducida adecuadamente. Sin embargo,

se nos presentan algunas dudas que creemos que sólo la experiencia, que no tenemos, puede solventar, y que son, en resumen:

1.º Si la materia orgánica sin fermentar aportada a los terrenos de cultivo tiene el mismo valor fertilizante que otra que haya experimentado tal fermentación y, en consecuencia, un proceso de humificación.

2.º Aún admitiendo que reduciendo la humedad a menos del 5 por 100 se asegure la no fermentación de la materia orgánica granulada obtenida, se presenta la duda de que si dichos gránulos tendrán o no un poder higroscópico que evite la posibilidad de un almacenamiento prolongado del producto obtenido.

Otros procedimientos cuya aplicación parece estarse iniciando consiste en someter la basura, sin trituración ni selección alguna, a una elevada compresión, mediante potentes prensas especiales, con lo cual se asegura, según algunos informes, conseguir reducciones de volumen del orden de 10 a 1. Conseguida esta compresión aparecen algunas variantes en cuanto al proceso posterior a seguir, por cuanto uno de los métodos consiste en revestir los bloques obtenidos mediante la compresión de la basura, que, según se afirma, ha perdido completamente toda propiedad elástica, con materiales tales como hormigón, asfalto, materias plásticas, etc., con lo cual se obtienen bloques de densidad superior a la del agua, con lo que estos bloques pueden ser vertidos en el mar, destinados a recuperar terreno, también al mar, al relleno de hoyos y de tierras bajas o pantanosas, operación de relleno que podría realizarse con menores inconvenientes que el vertido controlado, y que, además, dada la compactación alcanzada por la basura, permitiría la construcción inmediata sobre los terrenos así rellenos.

Existe otra versión de este procedimiento, que consiste en dedicar a los mismos fines los bloques obtenidos por compresión, sin realizar revestido alguno de los mismos.

Sin tener una experiencia directa se presentan algunas dudas en cuanto a la eficacia de estos sistemas, sobre todo en el caso de la utilización de nuestras basuras, aunque sólo sea por el hecho de que en el primero de estos métodos el revestimiento del bloque obtenido en la forma señalada se estima que difícilmente podrá evitar fermentaciones anaerobias, siendo una incógnita las consecuencias que de ello puedan derivarse. En cuanto a la segunda modalidad, se considera difícil que tales bloques, una vez enterrados y, sobre todo, por la acción de la humedad, producida por las lluvias, no entren en fermentación.

tación, tanto aerobia como anaerobia, ya sea en la superficie de tales bloques o en su interior o según sea la profundidad a que sean enterrados.

Todo lo dicho indica que el problema de la eliminación de las basuras no puede ser resuelto mediante un método único y que ninguno de los sistemas actualmente existentes puede ser considerado como absolutamente satisfactorio, bajo todos los aspectos, por lo que es necesario realizar una paciente labor dedicada al estudio de la evolución de las basuras y en cuanto a la posibilidad de aplicación de los distintos métodos de eliminación ya existentes o que van apareciendo.

## VII. CONCLUSIONES

De todo lo dicho se deduce que el problema de eliminación de las basuras producidas por las ciudades no tiene una solución única y que las condiciones locales tienen una gran importancia, en cuanto a la que debe adoptarse en cada caso, en el bien entendido de que muchas veces deberá emplearse simultáneamente más de un método de eliminación.

Como resumen, el suscrito estima que pueden sentarse las siguientes conclusiones:

1.<sup>a</sup> Es necesario realizar un detallado estudio, en cada localidad, relativo a la evolución de la composición de las basuras y de sus características físicas, principalmente densidad, humedad y potencia calorífica.

2.<sup>a</sup> Debería crearse un organismo de estudio de las verdaderas posibilidades del sistema de «compostage», en sus diversas modalidades, rentabilidad del abono obtenido, en su aplicación a distintos tipos de cultivo y, en consecuencia, posibles precios de venta. Para la realización de tales estudios es imprescindible la colaboración de los Servicios agronómicos.

3.<sup>a</sup> El sistema de vertido controlado, si es debidamente conducido, constituye un excelente sistema de eliminación de basuras, tanto desde el punto de vista sanitario como económico. Para ello es indispensable que puedan encontrarse vertederos de suficiente extensión y a no excesiva distancia de los núcleos urbanos.

4.<sup>a</sup> En el coste de explotación de un vertedero controlado influyen extraordinariamente las condiciones del terreno escogido, lo cual, en consecuencia, debe ser objeto de un detallado estudio previo.

5.<sup>a</sup> Creemos que la mejor solución para encontrar terrenos desti-

nados a vertedero es dedicar a tal fin las futuras zonas verdes, para lo cual es preciso programar la política de parques y jardines a largo plazo, expropiando con la anticipación suficiente los terrenos dedicados a tal fin.

6.<sup>a</sup> Dedicando las futuras zonas verdes a vertederos controlados se puede mejorar tanto la calidad de su subsuelo como su relieve, adecuándolo a las necesidades futuras, con un coste muy bajo. Ejemplo de ello, aun cuando con la variante del material empleado, lo constituye la labor realizada en Alemania, después de la guerra mundial, con los escombros de los barrios destruidos por los bombardeos.

7.<sup>a</sup> La transformación de basuras en abono se considera muy deseable, sobre todo desde el punto de vista de la riqueza agrícola a que puede dar origen, pero ello está sujeto a limitaciones, tanto por la evolución de la composición de las basuras como por cuestiones de mercado.

8.<sup>a</sup> Las grandes ciudades, sobre todo cuando constituyen el centro de una comarca densamente poblada, deben emplear simultáneamente distintos métodos de eliminación, entre los cuales debe haber, necesariamente, vertederos controlados; debe emplearse el procedimiento de transformación en abono, en el grado en que sea posible, pero dedicando a ello, preferentemente, las basuras de las zonas periféricas de dicha comarca. Si existe un sobrante de basuras no eliminables mediante los dos métodos indicados, debe recurrirse a la incineración.

9.<sup>a</sup> Para proyectar una instalación de incineración debe realizarse un estudio detallado durante un prolongado período de tiempo en cuanto a las basuras de la localidad, para obtener los datos necesarios en cuanto a su potencia calorífica y a la evolución de la misma.

10.<sup>a</sup> También deberá ser objeto de riguroso estudio la localización de la planta de incineración, con objeto de facilitar, en su caso, la venta de la energía producida y para obtener el agua de refrigeración y de alimentación de las calderas en las mejores condiciones posibles. Deberán tenerse en cuenta, además, los problemas de tráfico que se originan.

11.<sup>a</sup> La agrupación de varios Municipios próximos con el fin de eliminar en común sus basuras puede ser, en muchos casos, un medio muy eficaz para reducir los costes de tal operación y, especialmente, en los casos de vertederos controlados y de incineración. Ejemplos señalados los constituyen las acciones emprendidas por la Comisión de Urbanismo y Servicios Comunes de Barcelona y otros Municipios, la cual ha encargado la confección de un Plan comarcal de reserva de

terrenos para instalaciones de eliminación de basuras. Al propio tiempo ha convocado dos concursos, uno para crear una planta de transformación de basuras en abonos, en San Baudilio de Llobregat, la cual sería utilizada por distintos Municipios; el segundo concurso se refiere a la creación de un vertedero controlado a utilizar, también, por distintos Ayuntamientos.

12.<sup>a</sup> No deben perderse de vista nuevos procedimientos de eliminación que puedan surgir, los cuales deben ser objeto de un detenido estudio tanto por lo que se refiere a su viabilidad, como por lo que se refiere a su adaptación a las características locales de las basuras.

13.<sup>a</sup> Finalmente, y como conclusión más importante, consideraremos que es necesario constituir grupos de estudio dedicados a los puntos señalados, estudios que deben realizarse coordinadamente con otros organismos y sin perder de vista la evolución continua del problema de la composición de las basuras.