

# El impacto de los desechos sólidos sobre el medio

ROCÍO LÓPEZ DE JUAMBELZ\*

*El problema de la basura,  
apenas comienza cuando usted,  
"la pone en su lugar".*

La manipulación publicitaria que se ha dado al problema de la basura, conduce a prejuzgar que éste se debe a que, en esencia, la población es sucia y desaseada, ya que desperdiga los desechos, cuando en realidad en el momento que usted "pone la basura en su lugar", se originan una serie de procesos que involucran problemas diversos y complejos, de difícil resolución, que van, desde las formas de organización gubernamental para prestar este servicio, pasando por la corrupción en su manejo a muy diversos niveles, por la explotación y manipulación de un grupo de la comunidad que se dedica a estos menesteres, hasta llegar a los problemas ambientales que la acumulación de estos desechos provoca. Además del aspecto del desperdicio real que representa el abandonar materiales que podrían ser reutilizados, lo cual repercute en una mayor y más irracional explotación de los recursos naturales, tanto renovables como no renovables.

El manejo de los desechos sólidos, se resume en un ciclo (López, 1989), que comienza con su generación y acumulación temporal, continuando con su recolección, transporte y transferencia, y culmina en el destino final de los mismos, que puede ser el reciclaje de los subproductos útiles y su reutilización industrial, que en la ciudad de México y con los sistemas utilizados actualmente, no llega ni al 15%, o su disposición fi-

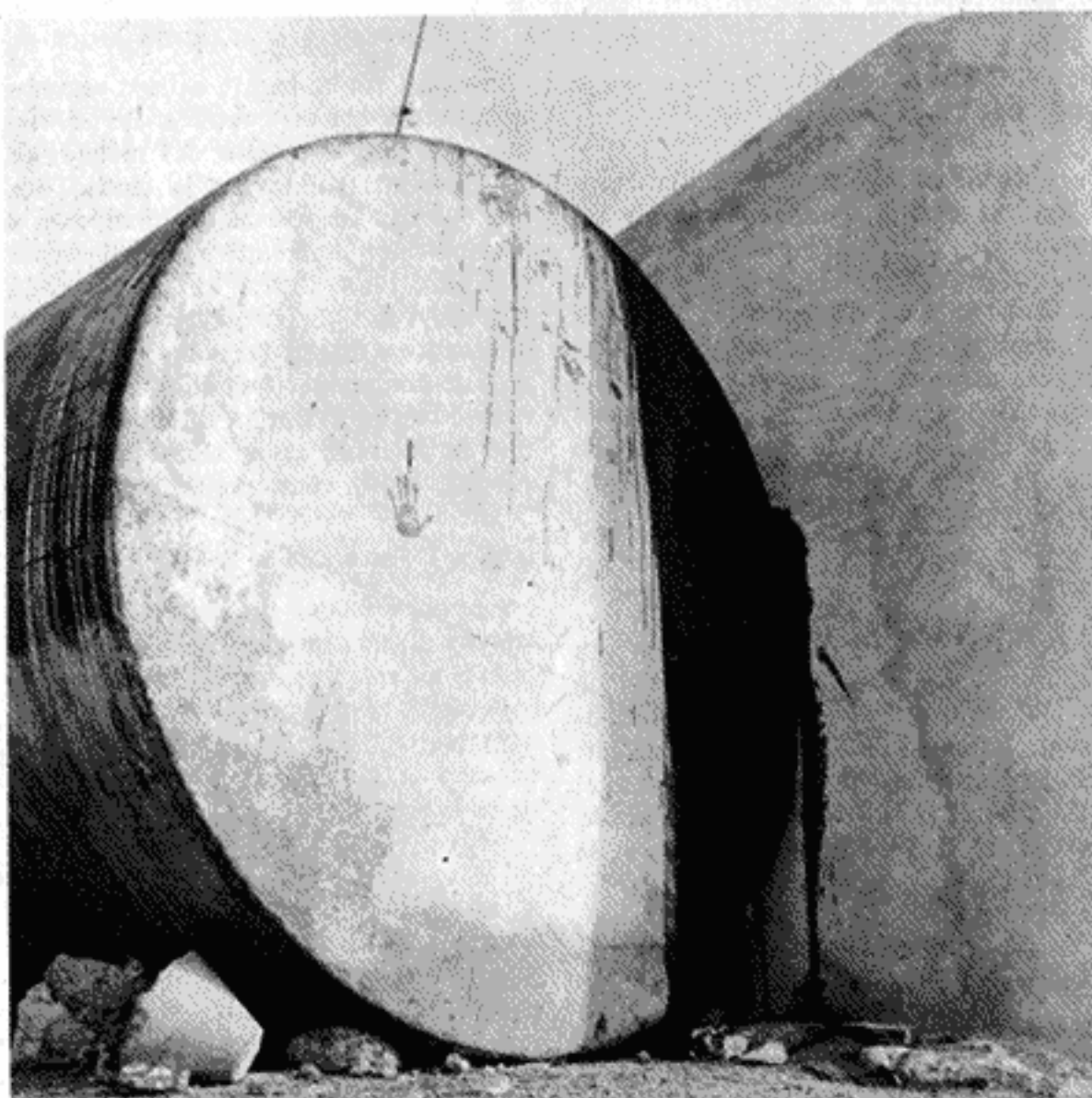


Foto: Lázaro Blanco.

nal en sitios destinados para este propósito. Es a partir de esta acumulación cuando comienzan los verdaderos problemas ambientales, ya que los basureros se convierten en focos permanentes de contaminación.

Los basureros pueden ser manejados de distintas formas: en primer lugar, tenemos los "tiraderos a cielo abierto", los

cuales, son zonas donde simplemente se acumulan los desechos, sin recibir ningún tipo de tratamiento; esta ha sido la forma tradicional de acumulación de los residuos sólidos en esta ciudad; ejemplos de ello lo han sido: Santa Cruz Meyehualco al oriente y Santa Fe al poniente, que fueron clausurados en 1983 y 1986 respectivamente (López, 1986, Deffis, 1989), y en la actualidad el tiradero de

\* Unidad Académica de Arquitectura del paisaje, Facultad de Arquitectura, UNAM.



Laguna de lixiviado, Bordo de Xochiaca. (Foto: Rocío López.)

Santa Catarina, situado también en la parte oriente de la ciudad.

Otro método de disposición final de los desechos sólidos —muy usado en la actualidad—, es el enterramiento controlado, que consiste en disponer la basura en un área relativamente pequeña, dentro de algún sitio elegido para este fin, extenderla, comprimirla y cuando llegue a una altura de 2 metros aproximadamente, se cubre con tierra traída de alguna obra de excavación, o con el producto del desazolve de los tubos de drenaje.

Este método evita los malos olores, la dispersión posterior de la basura y la formación de grandes bolsas de gases que se desprenden de la descomposición de la materia orgánica, los cuales son altamente inflamables. Ejemplos de esta forma de manejo de los desperdicios son el tiradero del Bordo Xochiaca, enclavado en Ciudad Netzahualcóyotl, Prados de la Montaña al poniente de la ciudad (cerca de lo que fue el basurero de Santa Fe), y el Bordo Poniente situado al noreste de la urbe, en la propiedad federal del Lago de Texcoco. Este último presenta algunos avances en la materia, ya que cuenta con celdas de contención de los desechos, que se van cubriendo tras cada jornada de trabajo y tiene, cosa importante, sistemas de captación de biogás, que, aunque no puede considerarse como un auténtico relleno sanitario por no contar con sistemas para la captación de lixivados, sí representa un paso adelante en el manejo de los desperdicios.

En realidad, sólo algunas publicaciones mencionan con precisión el manejo de los desechos sólidos en México, y, desafortunadamente, no son fáciles de

conseguir; sin embargo, existen algunos trabajos destinados a explicar los problemas sociales, derivados del manejo de los desechos sólidos en la ciudad, los que enfocan las formas de corrupción y manipulación inherentes a estos procesos (Castillo, 1984, Deffis, 1989); pero aún son muy escasos los trabajos analíticos destinados a arrojar luz sobre los problemas de contaminación que provocan los basureros, tanto por la dificultad física que representan estos socioecosistemas (López, 1989), como por las dificultades

que el mismo sistema socio-político crea para abundar en el tema y realizar trabajos dentro de estas áreas.

Hasta este momento hemos mencionado algunos de los problemas ambientales propios de la acumulación de desechos sólidos, como son la formación de biogás y de lixivados, de los que más adelante nos ocuparemos en detalle.

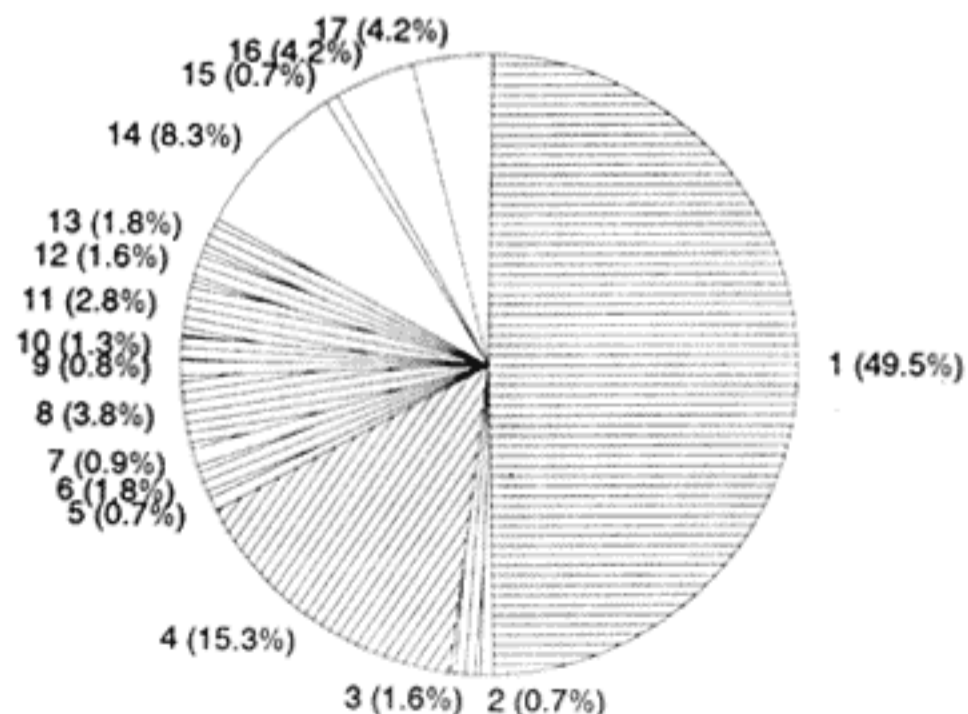
### PERO, ¿CUÁLES SON LOS PROBLEMAS AMBIENTALES QUE CAUSAN LOS BASUREROS?

En realidad lo podemos resumir en una sola frase: afectan el suelo, el agua y el aire.

En principio, la zona elegida para la disposición de los desechos sólidos es devastada, desapareciendo la capa vegetal originaria de la zona, lo que favorece la erosión del suelo, el cual, una vez desnudo, aporta a la atmósfera, gran cantidad de polvo, materiales inertes y microorganismos, ya que el viento, al pasar por esas zonas levanta fuertes tolvaneras.

Además, los materiales ahí depositados, son muy diversos tanto en origen y composición química como tiempos de degradación (tabla 1 y gráfica 1), de los cuales, sólo un bajo porcentaje es recuperado (Castillo, 1984 y Deffis, 1989), quedando el resto en el sitio de acumula-

Gráfica 1. Porcentaje de Basura doméstica. Distrito Federal.



- |                        |                |            |                          |
|------------------------|----------------|------------|--------------------------|
| 1. Materia orgánica    | 5. Polietileno | 9. Fibra   | 13. Mat. de construcción |
| 2. Hule espuma         | 6. Huevo       | 10. Madera | 14. Vidrio               |
| 3. Envases de tetrapak | 7. Hierro      | 11. Lata   | 15. Papel estaño         |
| 4. Papel               | 8. Plástico    | 12. Cuero  | 16. Trapo                |
|                        |                |            | 17. Cartón               |

ción donde se irán descomponiendo en tiempos diversos y darán lugar así a nuevos componentes químicos que provocarán la contaminación del medio, lo que hará que el suelo pierda muchas de sus propiedades originales, como son friabilidad, textura, porosidad, permeabilidad, intercambio catiónico, concentración de macro y micronutrientes, al grado de llegar a provocar serias deficiencias nutricionales o incrementos en los elementos que sobrepasan los niveles de toxicidad, por lo que se convierten en contaminantes peligrosos.

Los nuevos componentes en transformación son, principalmente el biogás y los lixiviados, los cuales como subproductos de la basura en descomposición, se van a dispersar en el medio circundante a través del suelo, agua y aire.

Para aclarar un poco cómo se generan y cuál es su efecto contaminante, mencionaremos cómo se forman y cuáles son sus principales características.

### EL BIOGÁS

La degradación de la materia acumulada en los depósitos de desechos sólidos urbanos, se realiza en dos fases: la primera aeróbica, que comienza en el mismo momento en que estos materiales se generan y durante la etapa de acumulación temporal en los sitios mismos de generación. En ella intervienen hongos y bacterias aeróbicas cuyos subproductos finales son el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el amoníaco (NH<sub>3</sub>) y el agua (H<sub>2</sub>O). La duración de esta fase es variable, y persiste mientras exista suficiente oxígeno para sostener a las poblaciones aeróbicas; posteriormente cuando éste se extingue, tales

Tabla 1. Composición de la basura doméstica en la ciudad de México.

material orgánico	49.5 %
papel	15.3
vidrio	8.3
cartón	4.2
trapo	4.2
lata	2.8
plástico en película	2.7
hueso	1.3
material de construcción	1.3
envases tetrapack	1.1
plástico rígido	1.1
cuero	1.0
madera	0.8
fierro	0.4
fibras	0.3
papel estaño	0.1
polietileno	0.1
hule espuma	0.1



Acumulación de lixiviados, donde se observan burbujas formadas por el desprendimiento de biogás, Santa Cruz Meyehualco. (Foto: Rocío López).

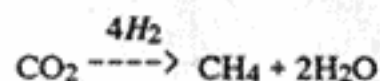
poblaciones son reemplazadas por microorganismos anaeróbicos.

La segunda fase, ó anaeróbica, de degradación, tiene a su vez dos etapas; la primera, en la que no hay producción de metano y, una segunda, llamada metanogénica.

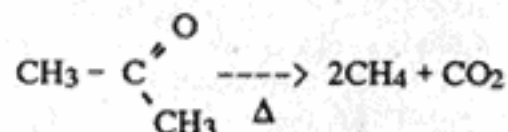
En la primera etapa de descomposición anaeróbica de la materia orgánica, correspondiente a la no-metanogénica, en presencia de agua y enzimas bacterianas extracelulares se forman compuestos solubles de bajo peso molecular, tales como ácidos grasos, azúcares simples y aminoácidos, entre otros. En la ruptura de estos compuestos solubles en ausencia de oxígeno, se produce: hidrógeno (H), monóxido de carbono (CO), amonio (NH<sub>3</sub>), agua (H<sub>2</sub>O), bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y ácidos orgánicos, como el acético (CH<sub>3</sub>-CO-CH<sub>3</sub>).

En la siguiente etapa, es decir, la de degradación anaeróbica metanogénica, los principales gases producidos son: el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el metano (CH<sub>4</sub>). Estos compuestos se originan a partir de dos reacciones que lleva a cabo la bacteria *Methanobacterium sp.* En la primera de estas reacciones, el CO<sub>2</sub> que se produjo durante la primera fase de descomposición, por adición de hidrógeno, formado en la fase no-metanogénica, produce metano y agua. La segunda reacción de este proceso, se da por la acción del calor producido durante la fermentación y que alcanza los 70°C, donde se rompe la molécula de ácido acético y, en presencia de agua, da lugar a la formación de metano y bióxido de carbono:

La reacción:



2a reacción:



También se han encontrado otros gases, que forman parte del biogás de los basureros, como son el etano, el propano, la fosfina, el ácido sulfhídrico, el nitrógeno y los óxidos nitrosos. Todos estos compuestos son altamente tóxicos para la vegetación y para otros organismos que habitan el suelo, como los nemátodos (Flowers, 1978).

### LOS LIXIVIADOS

Los lixiviados, pueden definirse como líquidos que al percolarse por las capas de suelo u otro material sólido permeable, van disolviéndolo en su totalidad o a algunos de sus componentes. Este fenómeno, es fácilmente observable en los basureros, donde el agua actúa como agente disolvente de los materiales acumulados (Liptak, 1974).

Líneas arriba, pasamos revista a algunos de los subproductos que se forman durante la degradación de la materia orgánica en las diversas fases, encontrando que, tanto en la fase aeróbica como en la anaeróbica, durante la etapa no metanogénica, uno de los subproductos es el agua, la cual participa en reacciones posteriores y además produce la disolución de muchos de los compuestos ahí pre-



Foto: Héctor García.

sentes. Al agua, producto de la degradación, se suma el agua de lluvia que se infiltra a través de las capas de basura y, en algunos sitios, se aúna la procedente de mantos freáticos cercanos, y que llega a la superficie por capilaridad (Liptak, 1974), formando los lixiviados, que contienen gran cantidad de compuestos orgánicos e inorgánicos, así como microorganismos. Los lixiviados van a presentar un movimiento horizontal, es decir, se van a desplazar a lo largo del terreno, utilizado para el depósito de los desechos sólidos, escurriéndose además hacia las zonas aledañas, contaminando así el suelo y dañando a la vegetación. También puede observarse un movimiento vertical, que penetra en el subsuelo y, en muchas ocasiones, alcanza los mantos freáticos y acuíferos, lo que causa graves problemas de contaminación del agua subterránea. Esto es un problema serio ya que, en un alto porcentaje, ésta es la fuente de abastecimiento del agua potable en nuestra ciudad.

La cantidad de lixivados que se producen en un basurero con una superficie de 40 ha y una profundidad de 3 m, localizado en una zona con una precipitación anual promedio menor a 500 mm, es de 120 000 m<sup>3</sup> por año (Liptak, 1974); este dato es de utilidad para calcular el efecto y alcance que los depósitos de desechos sólidos pueden tener sobre las áreas en las que se establecen.

En algunos sitios de acumulación de desechos sólidos se observan aflora-

mientos de los lixiviados, formando lagunas superficiales. En otros sitios, estas lagunas no se pueden observar, ya que dependen de la permeabilidad del suelo. Por ejemplo, en los basureros de Santa Cruz Meyehualco (antes de su clausura) y en el del Bordo de Xochiaca (actualmente), la laguna de lixiviados es evidente, pero en otros, como el de Santa Fe, no es observable en la superficie, debido a que el suelo está compuesto de areniscas sumamente permeables, por lo que los lixiviados, tienen un movimiento vertical, hacia las capas inferiores.

Las observaciones acerca de la composición química de los lixiviados arrojan como resultado un pH de 9 y la presencia de gran cantidad de sales, lo que se refleja en una alta conductividad, en ausencia de oxígeno y en un alto contenido en metales pesados, tales como el cadmio, el cromo, el cobre, el fierro, el plomo y el zinc (López *et al.*, 1989), cuyas concentraciones rebasan los límites de toxicidad (Allen, 1974 y Mortvedt *et al.*, 1983).

Los datos encontrados en los lixivados, son congruentes con los que se presentan en el sustrato, donde también se observa una fuerte contaminación por metales pesados, pH alto, alta concentración de sales y bajo contenido en nitrógeno (López *et al.*, 1989), lo cual se debe, por un lado, a que las fermentaciones por la descomposición de la materia elevan la temperatura y provocan que el nitrógeno amoniacal se pierda, y por otro, a la falta de oxígeno, por lo que no se efectúa la mineralización

de éste, arrojando una deficiencia de tal macronutriente.

En los procesos aquí descritos, se ve claramente el efecto nocivo que los basureros tienen sobre el medio, contribuyendo a la contaminación de suelo, agua y aire.

Es difícil el reestablecimiento de estas zonas, ya que la degradación total de los materiales acumulados, tiene una duración promedio de 20 años, dependiendo de los factores abióticos que imperen en el área, así como de las características de los materiales que han sido depositados, la cantidad de éstos y la profundidad y extensión con que se haya realizado dicho depósito.

Ahora bien, es muy complicada una reordenación ecológica de estos sitios cuando ya han sido fuertemente impactados, toda vez que existen muchos elementos que enrarecen el suelo, como la alta concentración de metales pesados, por arriba de los límites de tolerancia de muchas especies; la presencia del biogás, que es altamente tóxico para la vegetación y evita el establecimiento de ésta; el mal manejo de estos sitios y las prácticas necesarias para la formación del enterramiento de la basura, ya que se está moviendo continuamente; todo ello evita que se pueda dar una sucesión de microorganismos y de la vegetación, dando como resultado la dificultad para conseguir una real rehabilitación ecológica de estos sitios.

Lo que resulta imprescindible y urgente es que el proceso total del manejo de los desechos sólidos municipales, sea modificado desde su origen; que se realicen prácticas adecuadas, incrementando el reciclaje de estos materiales, para evitar el desperdicio, mismo que repercute en la explotación irracional de los recursos naturales, sean renovables o no; que la materia orgánica sea compostada, para ser reintegrada a los ecosistemas sin causar ningún problema, y que los materiales que queden realmente como basura, sean depositados en verdaderos rellenos sanitarios, en donde la elección del sitio para su establecimiento responda a un estudio previo, tomando en cuenta las características geológicas, edáficas y climáticas, así como el impacto que el relleno tendrá sobre el lugar. Asimismo, deberán tomarse las precauciones necesarias en la construcción del relleno, tales como la impermeabilización del suelo, y la captación del biogás y de los lixivados.

Para que el manejo de los desechos sólidos sea adecuado y permita la recupe-



La vegetación que se desarrolla en los basureros es anual, por lo que en tiempos de lluvias, cubre el sustrato; pero en época de sequía el sustrato queda expuesto a la acción del viento y otros agentes. Basurero Bordo de Xochiaca, Foto: Rocío López de Juambelz.

ración del área, sería deseable conocer la cantidad y tipo de basura que recibirá, así como el tiempo de duración del relleno sanitario y el uso que se le dará al suelo después de su clausura. Es indispensable evitar que, tanto la elección del sitio para establecer el relleno como el manejo de los residuos, queden a merced de criterios políticos y de una falsa visión económica, lo que hasta ahora, sólo han llevado a la degradación del medio, con el consiguiente peligro, no sólo para las poblaciones vegetales y animales que rodean el socioecosistema (López, 1989), sino también para la población humana, ya que una mala elección del sitio y un mal manejo de los desechos, afecta en una zona muy amplia y no únicamente a las zonas aledañas, debido a que el aire y el agua, son bienes que consumen los habitantes de toda la ciudad.

Es indudable que el mantenimiento de un ambiente que permita proporcionar a la población una calidad de vida digna y saludable tiene un costo elevado, pero el gasto pecuniario que esto conlleva, siempre será menor que el costo—incluso político—, de poner en peligro el medio y la salud de la población de la ciudad más poblada de la tierra. ■

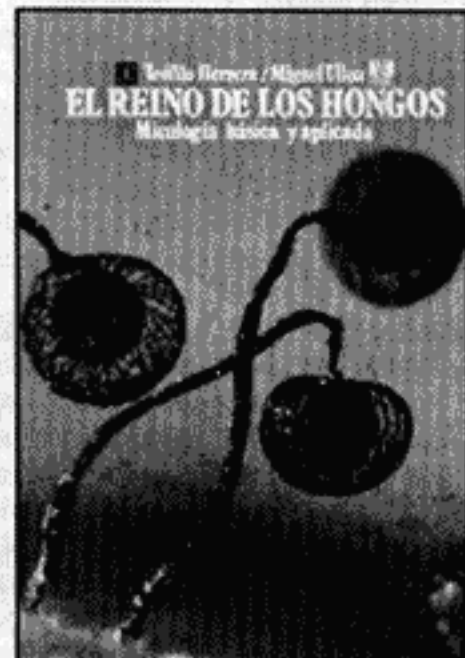
Esta investigación se ha realizado en el laboratorio de Contaminación de la ENEP-Zaragoza. Quiero agradecer a Andrés Ruiz, las correcciones y comentarios al manuscrito.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Allen, S. 1974. *Ecological Materials*. John Wiley & Sons. England.
- Castillo, B.H. 1983. *La sociedad de la basura*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Deffis, A.C. 1989. *La basura es la solución*. Editorial Concepto. México.
- Flowers, H.R. 1978. *A study of vegetation problems associated with refuse landfills*. Environmental Protection Agency. U.S.A.
- Liptak, B.G. 1974. *Environmental engineer's handbook*. Vol. 3 Land Pollution. Chilton Book Company. USA
- López J.R. 1986. *La basura en México. La ciudad mexicana hoy y mañana*. Facultad de Arquitectura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- López J.R. 1989. El efecto de los basureros sobre los suelos. *Omnia*. 5:13 y 14(65-69).
- López J.R., L. López, S. Taboada, M. Ayala, A. Maldonado, J. Peña, E. Cruz, V. Vázquez. 1989. Impacto Producido por la Acumulación de Desechos Sólidos. Primer Simposio de Química Ambiental y III Reunión de Investigadores Universitarios en Contaminación Ambiental. Memorias. Cartel. FM, FQ, IG. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mortvedt J.J., P.M. Giordano, W.L. Lindsay. 1983. *Micronutrientes en la Agricultura*. AOT Editor. México.

Teófilo Herrera y Miguel Ulloa

## EL REINO DE LOS HONGOS



Micología básica y aplicada

Texto didáctico de micología que explora, describe y clasifica uno de los terrenos más fascinantes de la biología

Otros títulos:

R. Gordon Wasson  
EL CAMINO A ELEUSIS  
Una solución al enigma de los misterios

Kennth Manley Smith  
BIOLOGÍA DE LOS VIRUS

Jean-Claude Burdin y Émile de Lavergne  
LAS BACTERIAS

Carlos Vázquez Yanes  
CÓMO VIVEN LAS PLANTAS

