



# ALTERNATIVAS EN EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DE VERTEDERO



FACULTAD DE BIOLOGÍA  
GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

A. M. Hidalgo, M. D. Murcia, M. Gómez y A. J. López

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, a pesar de las medidas de control y gestión que cada día se llevan a cabo, además de la concienciación ambiental que se va adquiriendo con el paso de las generaciones, hoy día más del 50 % de los residuos generados en todo el mundo acaban en un vertedero para su eliminación definitiva, esto conlleva un grave problema tanto a nivel ambiental como para la salud humana, ya que en estos vertederos se generan productos no deseados debido a la degradación de los residuos depositados, como son gases de vertedero y lixiviados como contaminantes principales, entre otros como, vectores de enfermedades o malos olores.

Los lixiviados según el Real Decreto 148/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero los define como: "cualquier líquido que percole a través de los residuos depositados y que resume desde o este contenido en un vertedero".

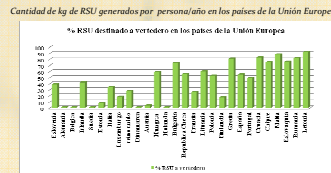
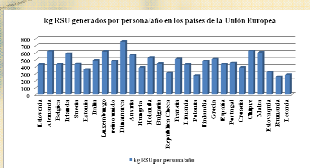
Estos lixiviados son los líquidos que se forman como consecuencia de la descomposición de la materia orgánica e inorgánica procedente de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) destinados al vertedero, y que se infiltra a través de las capas más profundas de éste, los factores más importantes en su producción son climatología, hidrología, situación, edad, construcción y explotación del vertedero.

Para minimizar su vertido incontrolado se instalan sistemas de gestión en el propio vertedero para su recogida y posterior tratamiento, como son revestimientos en los vasos de vertedero o canalizaciones con tuberías.

La mejor alternativa para tratar estos lixiviados son las distintas tecnologías y tratamientos para la depuración de los mismos, para poder eliminar algunos de los contaminantes que presentan en su composición y que resultan un problema grave.

Generamos en todo el mundo aproximadamente 1,3 billones de toneladas anuales de Residuos Sólidos Urbanos de los que casi 340 millones de toneladas van destinadas a un vertedero como sistema de eliminación definitiva. Estas cantidades varían significativamente dependiendo del nivel de desarrollo económico de cada país, además de la densidad de población y el tamaño, por lo que en este momento los mayores productores de residuos son EEUU con 621.000 toneladas al día, China con 521.000 toneladas y le sigue Brasil, India y Méjico. A nivel Europeo generamos una media de 445 kg por habitante y año, que como se observa en las gráficas las cantidades de residuos generados y el porcentaje de éste destinado a vertedero varía según el país. En general los países con un mayor desarrollo mayor generan una mayor cantidad de residuos, pero destinan a vertedero un porcentaje mucho menor, esto debido a que además de una mayor cantidad de recursos para dar otro

## MAGNITUD DEL PROBLEMA



% de RSU que acaba en vertedero en los países de la Unión Europea

## NORMATIVA QUE REGULA SU GESTIÓN

### Europea

- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre, de 2008 de Residuos.
- Decisión 2014/955, de 18 de diciembre de 2014, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE.
- Decisión 2003/33/CE del Consejo de 19 de diciembre de 2002, por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos.

### Estatal

- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación, modificada por la actual Ley 5/2013 de 11 de junio.
- Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. La Orden aia 663/2013, modifica los anexos I, II y III del Real Decreto 1481/2001.
- Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022.

### Regional (Murcia)

- Decreto 48/2003, de 23 de mayo, por el que se aprueba el Plan de Residuos de la Región de Murcia.
- Plan de Residuos de la Región de Murcia 2015-2020.

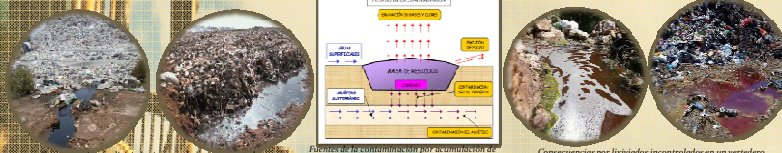
## PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

La generación de lixiviado mediante el arrastre de sustancias tóxicas producidas en el vertedero puede provocar graves problemas para el medio ambiente y la salud humana.

Uno de los problemas más frecuentes en un vertedero no controlado es la infiltración de estos lixiviados a las aguas subterráneas, sustituyendo de esta manera los suelos y los acuíferos por ciertas sustancias generadas como son las organocloradas entre otras, que son bioacumulativas y persistentes en todos los eslabones de la cadena trófica. Además, algunos de los compuestos que podemos encontrar en el lixiviado contienen sustancias cancerígenas como por ejemplo el arsénico u otros metales pesados.

La contaminación de las aguas subterráneas de los acuíferos y pozos, tiene consecuencias perjudiciales, así como la esorrenta superficial que a partir de los pozos o se infiltra a través del suelo. Algunos de los efectos negativos que se dan con frecuencia por la infiltración en las aguas superficiales es la muerte de peces, cambio en la flora de la zona y una clara pérdida de valor paisajístico, mientras que en las aguas subterráneas el problema puede resultar mayor ya que la contaminación persiste por largos periodos de tiempo y puede permanecer sin detectarse hasta que se extrae dicha agua para ciertos usos posteriores.

Por otro lado como se puede ver en la figura, existen varias fuentes contaminantes producidas por la acumulación de residuos en un vertedero, no solo el arrastre de los compuestos se convierte en un problema sino que la emanación de gases y malos olores también contienen efectos negativos.

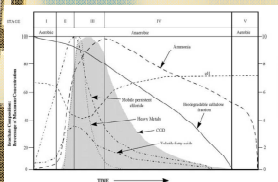


## CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN

Las características en la composición de la generación de los lixiviados dependen de diversos factores como son, la naturaleza o edad del residuo, la hidrología de la zona, el clima, además de un factor importante como es, el tratamiento previo de éste hasta su llegada al vertedero, así como la explotación, tratamiento y tecnología utilizado en la explotación del propio vertedero.

Por otra parte, los mecanismos de transferencia de los contaminantes en la producción de lixiviado, hace que la composición y características de éste cambie dependiendo de la fase de generación en la que se encuentre el lixiviado, estas fases como se puede observar en la figura, son cinco.

En las que según el tiempo transcurrido en un vertedero las características del lixiviado son muy distintas.



Evolución de la biodegradación de la materia orgánica biodegradable en la evolución de la generación de lixiviados

- Fase I: Fase inicial, Acumulación de residuos.
- Fase II: De transición, hidrólisis y fermentación.
- Fase III: Fase inicial ácida.
- Fase IV: Metanogénica.
- Fase V: Maduración.

## TRATAMIENTOS DE DEPURACIÓN DE LIXIVIADOS DE VERTEDEROS

Hasta el momento, no se ha descubierto el tratamiento ni la tecnología que permita depurar de forma definitiva los lixiviados producidos en el vertedero. Para la gestión de los lixiviados recogidos en el vertedero se han establecido varias alternativas para el tratamiento. La elección de éste dependerá principalmente de la composición del lixiviado y por lo tanto de su edad.

Estos tratamientos se pueden clasificar de manera diferente según el tipo de estudio o autor que los cite. La siguiente clasificación atendiendo a la bibliografía seleccionada los divide en:



### TRATAMIENTOS CONVENCIONALES

Proceso de tratamiento	Aplicación	Observaciones
Fangos activos	Separación de compuestos orgánicos	Pueden ser necesarios aditivos anti-espumantes y un clarificador separador
Reactores secuenciales por lotes	Separación de compuestos orgánicos	No precisa de clarificador separado, solamente aplicable a tasas de flujo lentas
Estanques de estabilización	Separación de compuestos orgánicos	Requiere gran superficie de terreno
Procesos de biopelícula	Separación de compuestos orgánicos	Utilizado en efluentes industriales similares a lixiviados, pero no ensayado con estos
Lagunas anaerobias	Separación de compuestos orgánicos	Requiere de energía y producción de fangos menores que los sistemas aerobios, requiere calefacción, mayor potencial de inestabilidad, más lentos que los sistemas aerobios
Nitrificación-Desnitrificación	Separación de hidrógeno	Puede llevarse a cabo simultáneamente con la separación de compuestos orgánicos
Precipitación	Separación de metales y aniones.	Produce fango, que posiblemente requiera evacuación como residuo peligroso
Neutralización	Control de pH	De aplicación limitada para lixiviados
Oxidación	Separación de compuestos orgánicos, detoxificación de algunas especies inorgánicas	Funciona mejor con flujos de residuos diluidos, el uso de cloro puede provocar la formación de hidrocarburos clorados
Oxidación por aire húmedo	Separación de compuestos orgánicos	Es caro, funciona bien con compuestos orgánicos refractarios
Sedimentación-Flotación	Separación de materia en suspensión	Sólo tienen una aplicación limitada, puede utilizarse con otros procesos
Filtración	Separación de materia en suspensión	Solamente útil como proceso de afino
Arrastre por aire	Separación de amoníaco u compuestos orgánicos volátiles	Puede requerir equipamiento de control de la contaminación atmosférica
Separación por vapor	Separación de compuestos orgánicos volátiles	Altos costes energéticos, el vapor de condensado requiere tratamiento adicional
Absorción	Separación de compuestos orgánicos	Tecnología probada, costes variables según el tipo de lixiviado
Intercambio iónico	Separación de compuestos inorgánicos disueltos	Útil solamente como un paso de acabado
Evaporación	Cuando no se permite la descarga de lixiviados	Los fangos resultantes pueden ser peligrosos y costosos, excepto en zonas áridas

### TRATAMIENTOS DE BAJO COSTE

Proceso de tratamiento	Aplicación	Observaciones
Recirculación	Para favorecer la recuperación del metano para la obtención de energía. Aumenta la humedad de los residuos, incrementa la estabilidad y la degradación biológica.	A cielo abierto produce problemas de olores y de salud para los trabajadores. Bajo coste de implantación, uso limitado a vertederos pequeños
Operación conjunta con aguas en EDAR	Para ahorrar costes de tratamiento en el vertedero, se vierten al alcantarillado, ofrecen mayor aportación de nutrientes a la depuradora. La mayoría de los lixiviados se tratan en EDAR, ya que los tratamientos son similares	Bajo coste. Uso limitado a vertederos en zonas urbanas y es necesario que el lixiviado no contenga sustancias peligrosas, requiere tratamiento previo
Fitorremediación	Para tratar lixiviados de forma económica y por filtros naturales como son cultivos de plantas específicas, reduce sólidos en suspensión, materia orgánica, nitrógeno amoniacal y algunos metales	Inconvenientes debidos al exceso de vertido de lixiviado en los cultivos y a la falta de conocimiento del desarrollo vegetativo de las plantas sembradas en el humedal
Tratamientos con turba	Para reducir la cantidad de metales pesados y de nitrógeno amoniacal, obtiene porcentajes de eliminación elevados pero inferiores a los teóricos	Generalmente precedido por un buen pretratamiento del lixiviado. Con el tiempo disminuye el porcentaje de eliminación por eso se debe regenerar la turba cada varios días.

### TRATAMIENTOS AVANZADOS CON MEMBRANAS

Proceso de tratamiento	Aplicación	Observaciones
Microfiltración	Como ultra y nano-filtración pero tamaño de poro más pequeño, se suele usar donde los requerimientos de calidad del efluente a tratar son bajos	Suele utilizar tratamiento previo para evitar ensuciamientos
Ultrafiltración	Separación de bacterias y de compuestos orgánicos con alto peso molecular, se suele usar donde los requerimientos de calidad del efluente a tratar son bajos	Propenso al atascamiento, suele utilizarse tratamientos previos para evitar ensuciamientos
Nanofiltración	Separación de bacterias y de compuestos orgánicos con peso molecular más bajo que ultrafiltración	Suele necesitar tratamiento previo para obtener buenos rendimientos de depuración
Ósmosis inversa	Disoluciones diluidas de compuestos inorgánicos, solutos de bajo peso molecular	Costoso, necesario un pre-tratamiento extensivo
Electrodialisis	Separación de especies iónicas. Para tratar la precipitación de metales pesados en lixiviados contaminados por estos.	Requiere gran cantidad de energía para su funcionamiento y precisa de tratamiento previo del lixiviado
Biorreactores de membrana	Sistemas en combinación de procesos biológicos y de separación con membranas.	Innovadores, respetuosos con el medio ambiente pero operan a temperatura ambiente y sus membranas no necesitan aditivos químicos agresivos para la depuración.

## CONCLUSIONES

1. Se encuentra gran cantidad de información, pero poca realmente útil y veraz
2. No hay registros de datos de cantidades de lixiviado. En general los países más desarrollados más generación de RSU pero menos cantidad destinada a vertedero.
3. Encontramos normativa que regula su gestión y además los califica como sustancias peligrosas.
4. Problemática más importante en las aguas superficiales y subterráneas. Se instalan sistemas de gestión para evitarlos en el propio vertedero para su posterior tratamiento.
5. No existe tratamiento de depuración definitiva, pero sí técnicas y procesos eficaces en la eliminación de compuestos peligrosos. Los tratamientos más avanzados en este momento son las técnicas de membrana, destaco electrodiálisis y biorreactores de membrana.

## REFERENCIAS

Hidalgo, A. M., Bódalo, A., Gómez, M., Murcia, M. D. & Marín, W. 2007. Tratamiento de Residuos: Tecnologías de tratamiento de lixiviados de vertedero. (III). Tratamientos avanzados. *Ingeniería química*, 15(4), 168.

2. ATEGRUS, 2010. Curso sobre Introducción a la Gestión de vertederos. Unidad didáctica III. Lixiviados. Ategrus.

3. Waste Management World. 2012. Global municipal solid waste to double by 2025.