

Gestión y valorización de residuos en empresas turísticas

Dr. Francisco Jarabo
Dpto. de Ingeniería Química y T.F.
Universidad de La Laguna

Introducción: relación entre medio ambiente y actividad humana

El medio ambiente puede ser contemplado como una **fuentes** de recursos naturales para la actividad humana y un **receptor** de impactos debidos a la actividad humana. El medio ambiente y la actividad humana están regidos por los principios de conservación: la cantidad de materiales devueltos al medio como residuos debe ser igual a la cantidad de materiales que el medio ambiente proporciona.

En este balance hay que tener en cuenta que los residuos no tienen que ser necesariamente contaminantes y que la Naturaleza tiene una determinada capacidad de autorregulación. Esto es debido a que la relación se establece en forma de *flujos* (cantidades por unidad de tiempo): con un ritmo adecuado de utilización de los recursos, puede evitarse que la degradación del medio ambiente rebase ciertos límites.

Por otra parte, los flujos se ven afectados por la población, ya que un gran aumento de población de cualquier especie acelera los flujos y lleva rápidamente a sobrepasar la capacidad de autorregulación de la Naturaleza y por el estilo de vida.

Gestión ambiental

El ser humano ha de vigilar y proteger el medio ambiente, administrando sus recursos. Las acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en los procesos decisorios relativos a la protección del medio ambiente son valorar correctamente las consecuencias que cada acción pueda tener sobre el medio ambiente y encontrar soluciones tecnológicas para mitigar o anular estas consecuencias. Es decir, **primero**, definir y cuantificar el problema; **luego** poner en marcha los procesos que se han diseñado con el fin de lograr la mejor resolución de dicho problema.

La presencia de una gran población humana ha de dejarse notar y comienza a jugar un papel fundamental en las alteraciones del medio. El modelado del planeta con

los seres humanos como nuevos elementos incorporados (sobreabundantes y consumidores de recursos), tiene que ser distinto. Si se conociese el funcionamiento de los procesos naturales, podría intentarse no alterarlos en aras a la supervivencia de todas las especies.

Históricamente el ser humano se ha sumado a los efectos destructivos naturales: deforestación, pastoreo intensivo, monocultivos, explotación abusiva de acuíferos, caza y pesca excesivas, utilización de productos agroquímicos, secuelas de la extracción de minerales, urbanización de extensas zonas, construcción de vías de comunicación, modificación de vías fluviales, construcción de sistemas de transporte energético, etc.

El ser humano no puede seguir desequilibrando el medio con su actividad, ya que él también sufrirá los efectos de sus propias acciones. Será necesario estudiar la interacción entre las nuevas actividades y el medio en que se lleven a cabo, lo que se denomina “evaluación del impacto ambiental”. Como no se conocen suficientemente estas interacciones será necesario tener presente la escasa capacidad predictiva de que se dispone y la consiguiente imprecisión de dicha evaluación.

Impacto ambiental

Se dice que hay un impacto ambiental cuando una actividad produce una alteración en el medio ambiente. Como consecuencia de las leyes que rigen la materia y la energía, la actividad de cualquier especie viviente tiene impacto ambiental. Su evaluación consiste en realizar un estudio para identificar las causas y predecir, prevenir o evitar los efectos que una actividad pueda causar al entorno.

El concepto “*alteración*” es una valoración cualitativa que hay que cuantificar, diferenciando los componentes naturales de los artificiales. Por ello es complejo expresar numéricamente características del entorno que son de difícil medición.

A pesar de sus grandes limitaciones, los estudios de impacto ambiental son el único instrumento que permite introducir consideraciones ambientales en la planificación de actividades, para que éstas puedan llevarse a cabo de forma equilibrada respecto al entorno.

La evaluación del impacto ambiental permitirá establecer **medidas**. Generalmente se aplican medidas **preventivas**, para que el medio sea mínimamente afectado.

Cuando se desconoce la respuesta de los sistemas afectados muchas veces hay que aplicar medidas **correctoras** posteriores, cuya necesidad se establece durante el propio desarrollo de la acción.

Usos del agua

El agua es el recurso que ha condicionado principalmente el desarrollo de la civilización. La presencia de grandes fuentes de agua ha sido decisivo en el desarrollo de la sociedad humana, llegando a influir tanto en el mantenimiento de la vida como en el crecimiento económico y en la mejora de la calidad de vida. Ello permite constatar que el agua tiene importantes aplicaciones como abastecimiento de agua potable, sostenimiento de la fauna acuática, producción agraria e industrial, generación de energía, navegación y recreo o evacuación de residuos. Todas estas actividades demandan agua, pero no todas ellas la consumen. La “demanda” es la cantidad de agua que se requiere para un uso determinado, mientras que el “consumo” es la cantidad de agua que deja de estar disponible después de su utilización, por no ser reaprovechable. También puede observarse que la calidad que debe tener el agua puede ser muy diferente según el uso al que se destine.

La calidad del agua puede verse totalmente alterada según la utilización que se haga de ella. Así, algunos usos del agua generan las llamadas “aguas residuales”, es decir, los efluentes de actividades domésticas, agrarias o industriales.

La contaminación del agua

La contaminación de agua puede definirse como la alteración de su calidad por la acción natural o humana que hace que no sea adecuada para la aplicación a la que se destina. Las alteraciones que puede sufrir el agua pueden ser físicas, químicas o biológicas. Para definir mejor el grado de contaminación del agua, generalmente no se procede al análisis de cada una de las sustancias que pueden alterar la calidad del agua, sino que sólo se tienen en cuenta algunas de ellas junto con unos parámetros que se han considerado como los valores más representativos de la calidad del agua, atendiendo a su punto de vista sanitario.

La contaminación del agua puede ser provocada por dos tipos de causas: causas naturales (geoquímicas, catastróficas) y actividad humana.

Las actividades humanas pueden generar varios tipos de aguas residuales: aguas domésticas (negras o fecales), efluentes agrarios o efluentes industriales. La composición de las aguas residuales es muy difícil de caracterizar, debido a sus diversas procedencias. La composición de los efluentes industriales depende totalmente de la actividad industrial; los efluentes agrarios contienen principalmente restos de fertilizantes, herbicidas y pesticidas. Sin embargo, los efluentes domésticos suelen tener una características propias que incluso permiten hablar casi de una composición media.

En todo lo que se refiere a eliminación o tratamiento de aguas residuales se hará referencia casi exclusivamente a las aguas domésticas, ya que estos procesos son los que merecen mayor atención aplicados a ellas, fundamentalmente bajo el punto de vista sanitario.

Aguas residuales: eliminación

La eliminación de aguas residuales consiste fundamentalmente en el vertido al entorno. Los métodos están basados en las propiedades autodepuradoras naturales, por lo cual son más baratos, pero exigen exhaustivos estudios previos y perfeccionados métodos de control para evitar el deterioro del medio ambiente. Los métodos de eliminación son:

- Eliminación directa, que consiste en su aplicación al terreno, participando en el proceso de depuración natural los vegetales, la superficie y la matriz del suelo.
- Eliminación indirecta, que consiste en excavar un “pozo negro” en el terreno, donde se almacena el agua residual, que se va filtrando lentamente a través de las paredes del pozo al terreno circundante.
- Eliminación por dilución, que consiste en realizar su vertido sobre grandes masas de agua, con objeto de diluir las sustancias contenidas en ella y aprovechar la capacidad de autodepuración natural de las masas de agua.

Aguas residuales: tratamiento

El tratamiento o depuración de aguas residuales consiste en concentrar los contaminantes contenidos en ellas para facilitar su posterior separación. Para ello se aplican unas operaciones que vienen definidas por las propiedades del agua a tratar

y por el grado de depuración que se desee conseguir. En cada operación individual se van separando del agua una serie de sustancias que hay que eliminar. Son los los “fangos” o “lodos”, que también habrá que tratar.

El propósito del tratamiento de aguas residuales es acelerar los procesos de la Naturaleza bajo condiciones controladas en instalaciones mucho menores que los espacios naturales, las “estaciones de depuración de aguas residuales” (EDAR). En estas plantas de proceso se utilizan diferentes operaciones que suelen agruparse en distintas etapas, cuyos objetivos están claramente definidos:

- Tratamiento previo: eliminación de grandes sólidos
- Tratamiento primario: eliminación de sólidos en suspensión
- Tratamiento secundario: eliminación de la materia orgánica biodegradable
- Tratamiento terciario: eliminación de sólidos disueltos.
- Desinfección: eliminación de agentes patógenos

Tratamiento de fangos de depuradora

Como en las operaciones de separación realizadas en las diferentes fases del tratamiento de las aguas residuales, se producen unos fangos o lodos con gran contenido en agua y altísimos valores de materia orgánica, que es preciso tratar si se contempla el tratamiento de aguas residuales como un proceso integral. Todas las operaciones de tratamiento de fangos tienen como objetivo reducir el contenido de agua y de materia orgánica del fango para hacerlo más manejable a la hora de eliminarlo o aprovecharlo.

Residuos sólidos: definición y tipos

Se denominan residuos sólidos a aquellas materias sólidas resultantes de procesos de producción o consumo, cuyo poseedor destina al abandono. Se caracterizan por su permanencia en el lugar donde son depositados, ya que los agentes geológicos apenas son capaces de dispersarlos. Allí donde se concentren, constituirán una sobrecarga para el medio ambiente de carácter continuo e irreversible. Históricamente se han eliminado los residuos depositándolos en lugares alejados, pero actualmente se intenta recuperar sustancias contenidas en ellos o su transformación en otras, más valiosas o menos contaminantes. Existen distintos tipos de residuos,

dentro de los que los residuos urbanos, que se producen como consecuencia de las actividades de consumo en las ciudades y cuya composición es muy variable, representan menos de un 10%.

Residuos sólidos: gestión

La gestión de residuos sólidos es el conjunto de operaciones que se llevan a cabo para reducir al mínimo su impacto sobre el medio ambiente. Estas operaciones pueden englobarse en tres fases:

- **Recogida**
 - Bruta (no incluye ningún tipo de separación)
 - Selectiva (implica una separación previa de los componentes más abundantes)
- **Transporte** (incluye una compactación simultánea para reducir el volumen)
- **Tratamiento**
 - Eliminación
 - Aprovechamiento

Según el tipo de residuos, pueden o no existir las fases de recogida y transporte y variar completamente el contenido de las operaciones incluidas en la de tratamiento.

Los residuos sólidos urbanos (RSU) son los menos abundantes, pero son los que ocasionan más molestias a la comunidad. Su cantidad y composición depende de numerosos factores y su densidad es muy baja, por lo que ocupan mucho volumen.

El primer problema que plantean estos residuos es su recogida, que tradicionalmente es global, en un solo contenedor. Las nuevas tendencias, encaminadas a la recuperación de materias primas contenidas en ellos, o “reciclado”, ha llevado a introducir sistemas de recogida selectiva de los residuos, basados en la utilización de contenedores específicos para recoger el material a reciclar.

El transporte se lleva a cabo en dos fases. La primera se realiza con camiones recolectores-compactadores aptos para circular por el interior de las ciudades. Una vez terminada la recogida, se dirigen hacia unas instalaciones (“estaciones de transferencia”), donde los residuos son trasvasados a otros camiones de mucha mayor capacidad, que son los encargados de transportarlos a su lugar definitivo de tratamiento.

Los residuos sólidos urbanos son sometidos tanto a **eliminación por vertido controlado o por incineración**, como a **aprovechamiento para la obtención de energía, para la producción de *composto* por reciclado**. Evidentemente, la elección de uno u otro método dependerá fundamentalmente de su coste, que viene dado por la cantidad de residuos, su composición y los gastos de inversión y explotación.

Eliminación de residuos sólidos

El vertido controlado es el procedimiento más simple, barato y también el más utilizado de eliminación de residuos sólidos urbanos.

La incineración es la combustión directa u oxidación completa para dar sustancias gaseosas (dióxido de carbono y agua) y cenizas sólidas. Las reacciones químicas que se producen desprenden calor que se aprovecha, en parte, para precalentar los residuos, cuyo volumen inicial queda reducido en cerca del 85%. La incineración se realiza en hornos de capacidad adecuada, de los que se evacúan los gases residuales y las cenizas. Los **gases** contienen partículas en suspensión y derivados clorados, azufrados y nitrogenados, que han de ser tratados adecuadamente; una vez tratados, pueden evacuarse mediante una chimenea. Las **cenizas** pueden ser eliminadas en un vertedero controlado o ser utilizadas como material de construcción.

Aprovechamiento de residuos sólidos: obtención de energía por procesos térmicos

La **combustión** es el método de aprovechamiento de residuos sólidos más sencillo. Se trata de un sistema de incineración complementado con un equipo de recuperación de calor (caldera) y un sistema de utilización del mismo (conducciones de vapor, turbina y generador). La energía obtenida puede destinarse a la producción de agua caliente de calefacción doméstica o industrial, y a la producción de electricidad.

Bajo la denominación de **gasificación** se engloban los procesos de combustión en condiciones de defecto de oxígeno para obtener gases diversos. La temperatura del proceso oscila entre 700 y 1.100 °C y el oxígeno se limita entre un 10 y un 50% del teóricamente necesario para la combustión completa. Según se utilice aire u oxígeno

puro, se contemplan dos procesos de gasificación diferentes. Por gasificación con aire, se obtiene “gas de gasógeno”, que se utiliza en unidades de combustión para obtener vapor y electricidad. Por gasificación con oxígeno y vapor de agua, se obtiene “gas de síntesis”, cuya importancia radica en que se puede transformar en combustibles líquidos.

La **pirólisis** consiste en la descomposición del material biológico por la acción del calor (entre 275 y 450 °C) en ausencia de oxígeno. Se pueden obtener gases conteniendo hidrógeno, óxidos de carbono e hidrocarburos, líquidos hidrocarbonados y sólidos carbonosos en función de las condiciones de operación. Si se añade un gas reductor (CO, H₂, CH₄) a temperaturas entre 300 y 500 °C a alta presión, pueden mejorarse los rendimientos en combustibles líquidos en un proceso denominado “licuefacción”.

Aprovechamiento de residuos sólidos: obtención de energía por procesos biológicos

El método de aprovechamiento más sencillo de residuos de alto contenido en humedad es la **digestión anaerobia**, una fermentación microbiana en ausencia de oxígeno que da lugar a una mezcla de gases (CH₄ y CO₂) conocida como “biogás” y a una suspensión acuosa o “lodo”, que contiene los componentes no degradados. Sobre este proceso influyen la temperatura, la acidez, el contenido en sólidos, los nutrientes y los tóxicos. Se lleva a cabo en recipientes estancos llamados “digestores”, que deben poseer un dispositivo adicional para recoger el gas producido. Éste puede utilizarse como fuente directa de calor, en calderas de vapor para calefacción o como combustible de motores acoplados a generadores eléctricos.

La **fermentación alcohólica** es un proceso biológico específico para los residuos de alto contenido en hidratos de carbono (azúcares, almidón), lo que lo restringe al tratamiento de residuos agrícolas de plantas azucaradas o amiláceas. Inicialmente el residuo es sometido a un proceso de hidrólisis para producir azúcares simples. Éstos se convierten en etanol por la acción de levaduras bajo ciertas condiciones de temperatura y acidez. El etanol producido se separa por destilación y puede utilizarse como combustible en motores de explosión.

Aprovechamiento de residuos sólidos: producción de compost

El “*compost*” es una enmienda orgánica del suelo; no es exactamente un abono sino un regenerador, acondicionador o corrector del suelo: mejora sus propiedades físicas, químicas y biológicas, estimulando el crecimiento de las plantas.

La producción de *compost* o “compostaje” de residuos es una tecnología bien conocida. Se basa en la fermentación aerobia del material biológico de los residuos por medio de bacterias. Durante el proceso se destruyen por la acción del calor toda clase de gérmenes patógenos y parásitos.

La forma más sencilla de obtener *compost* es por **fermentación natural**. Los residuos triturados y humedecidos se colocan en montones de unos 2 m de altura y se remueven cada 10 días durante el primer mes y una sola vez al mes los dos meses siguientes, para favorecer la aireación. Transcurridos tres meses de fermentación el producto está terminado.

Para reducir el tiempo de producción puede recurrirse a la **fermentación acelerada**, en recipientes cerrados, en los que se introduce el residuo, se añade agua, se insufla aire y se remueve continuamente. De esta forma se reduce el tiempo de fermentación a 15 días, se controla mejor el proceso y se evita el acceso al producto de insectos, roedores y aves.

La calidad del producto depende del mantenimiento durante el proceso de la relación C/N, su contenido en humedad, la temperatura, la acidez y la aireación.

Aprovechamiento de residuos sólidos: reciclado

El reciclado es la recuperación selectiva de productos contenidos en los residuos, para su reutilización. Este proceso tiende a lograr el ahorro de energía y recursos naturales, la disminución del volumen de residuos y la protección del medio ambiente. Las operaciones de reciclado intentan la obtención directa de ciertos componentes que, una vez separados, pueden ser reutilizados con operaciones de preparación simples. Los componentes que cumplen con estas características son: celulósicos (papel y cartón), plásticos, vidrios y metales.

Las operaciones de reciclado se efectúan en dos etapas diferentes:

- **Separación:** Se utilizan métodos físicos o se hace manualmente; la tendencia es a hacerla en origen, por parte de los ciudadanos, que depositan cada residuo

en contenedores específicos.

- **Recuperación:** Estas operaciones son específicas de cada uno de los materiales que se va a reciclar.

Los **componentes celulósicos** o “papelote” son tratados en medio acuoso para formar una pulpa, que se destina a producir nuevo papel o cartón.

Los **plásticos** sufren una segunda separación según la familia a la que pertenezcan; tras un lavado, se trituran para formar un granulado o “granza”, que se utiliza en la fabricación de nuevos artículos de plástico.

Los **vidrios** se separan por colores y se muelen para formar un granulado llamado “calcín”; éste se incorpora directamente al proceso de fabricación de vidrio nuevo junto con las materias primas, proporcionando un considerable ahorro energético junto al ahorro de materias primas.

Los **metales** también han de separarse por tipos; el hierro pasa a formar parte de la “chatarra”, que se utiliza como materia prima para la fabricación de acero; el aluminio se incorpora a su metalurgia, donde permite ahorrar grandes cantidades de energía.

Bibliografía

- **Jarabo, F., Elortegui y Jarabo, J.;** *Fundamentos de tecnología ambiental*, S.A.P.T. Publicaciones Técnicas, Madrid (2000).
- **Jarabo, F. y otros;** *Energías renovables*, 2ª ed., S.A.P.T Publicaciones Técnicas, Madrid (2000).
- **Jarabo, F. y otros;** *La energía de la biomasa*, 2ª ed., S.A.P.T Publicaciones Técnicas, Madrid (1999).
- **Jarabo, F., Pérez, C. y Sanz, M.;** *Energías renovables*, Consejería de Industria y Energía (Gobierno de Canarias) / C.C.P.C., Santa Cruz de Tenerife (1987).
- **Jarabo, F. y Fernández, J.;** *Energías alternativas renovables. ¿Un futuro para Canarias?* , Secretariado de Publicaciones, Universidad de La Laguna, La Laguna (1983).