TENDENCIAS DE FUTURO EN EL MEDIO AMBIENTE INDUSTRIAL.

TECNOLOGÍAS Y ESCENARIOS.

GREGORIO ORTIZ
ANE IRAZUSTABARRENA
CITMA. *Fundación INASMET*

La mayoría de los avances tecnológicos desarrollados hasta la fecha se han centrado en mejorar la eficiencia medioambiental de los procesos y productos, encontrar prácticas o técnicas para disminuir la utilización de recursos naturales

y reducir o eliminar el vertido de contaminantes al medio ambiente. Recientemente se han producido grandes adelantos tecnológicos en muchos campos, y se prevé que esta tendencia continúe hasta el año 2020.

En términos generales, la degradación medioambiental ha aumentado a ritmo ligeramente más lento que el del crecimiento económico. En muchos países, el consumo de energía y otros recursos, tales como materias primas, agua y minerales, parece estar aumentando a un ritmo más lento que el PIB, y la intensidad de la contaminación debida a la producción crece aún más lentamente. Estas tendencias indican que existe el potencial para desacoplar el crecimiento económico de la degradación medioambiental.

En algunos casos, las reducciones del uso intensivo de los recursos han sido lo suficientemente importantes como para derivar en mejoras medioambientales absolutas más que únicamente relativas, desplazando la importancia de los efectos globales del crecimiento en los ingresos *per cápita* y en la población.

Sin embargo, pese a las mejoras en el uso eficiente de recursos, la degradación medioambiental global ha persistido en la mayoría de las áreas, ya que los efectos del aumento total del volumen de producción y el consumo han pesado más que las ganancias en eficiencia por unidad de producción. Pese al uso de nuevas tecnologías en energía y transporte, es improbable que las emisiones totales de estas fuentes disminuyan de forma importante en las próximas dos décadas.

Las normativas y restricciones gubernamentales han tenido especial éxito en la

reducción de la contaminación industrial, la limpieza de las aguas superficiales más contaminadas y la reducción de las concentraciones de algunos contaminantes del aire, por ejemplo de CFCs. Gracias a la intervención directa de los gobiernos se ha logrado también aumentar la protección de los ecosistemas y biodiversidad. Asimismo, mientras la producción de residuos urbanos aumenta casi tan rápidamente como el PIB, las políticas de gestión de residuos han hecho que se consigan mayores cuotas de reciclaje o reutilización, reduciendo así su impacto.

En otros casos, las políticas medioambientales pueden allanar el camino para cambios en los patrones de consumo que beneficien al medio ambiente. En general, el creciente acceso del público a la información medioambiental puede contribuir a informar al consumidor y a aumentar el apoyo a las políticas medioambientales.

En este contexto, la prospectiva tecnológica industrial desempeña un papel fundamental para la mejora del medio ambiente, como instrumento para la toma de decisiones político-científicas a través de la información sobre los desarrollos tecnológicos futuros más probables o deseables en opinión de los expertos consultados.

El Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI), concretamente CITMA, ha realizado varios estudios con objeto de recoger las principales tendencias de futuro y las tecnologías asociadas a las mismas. Éstas han sido identificadas a lo largo de los estudios de prospectiva tecnológica industrial sobre el medio ambiente a través de la aplicación de la metodología Delphi.

Para la realización de este trabajo se ha partido de tres estudios, llevados a cabo durante el período 1998-2000 en el seno del OPTI, en las siguientes áreas: «Gestión y tratamiento de residuos industriales», «Áreas de aplicación de equipos medioambientales y tecnologías concurrentes» y «Tratamientos de agua».

PRINCIPALES FACTORES CRÍTICOS MEDIOAMBIENTALES

Existen factores que por su criticidad interferirán en el desarrollo futuro de las tendencias y tecnologías identificadas por los expertos.

El progresivo endurecimiento de la legislación promoverá un crecimiento del sector medioambiental. La adecuación al desarrollo normativo determinará el ritmo de dicho crecimiento.

Por otro lado, se tenderá hacia la internalización del factor ambiental en la industria; es decir, las actuaciones medioambientales estarán promovidas por criterios de competitividad y no sólo del cumplimiento de normativas.

La aparición de tasas y cánones por generación de residuos, emisiones y vertidos promoverá el análisis coste-beneficio de las actuaciones medioambientales.

Otro factor determinante será la creciente preocupación en la sociedad por cuestiones medioambientales y calidad de vida. Existe una oposición social a ciertas actuaciones medioambientales. Se tenderá al correcto cierre del ciclo de información ambiental mediante el apoyo a la formación, educación y percepción ambiental en la sociedad, acompañados de instrumentos de vigilancia y seguimiento ambiental.

Finalmente, la innovación tecnológica constituye un factor de especial importancia para el crecimiento económico sostenible. Se tratará de solucionar de forma eficaz problemas medioambientales, así como la mejora de las prestaciones de tecnologías existentes. La introducción de las mejores técnologías disponibles (MTD) en la empresa se sitúa como un factor clave de innovación.

Metodología. Una vez realizados los tres estudios Delphi, se formaron los grupos de trabajo MCYT-CDTI-OPTI, con objeto de definir las tendencias de futuro y las tecnologías clave, tomando como base los citados estudios, y establecer indicadores de futuro que faciliten el seguimiento de las tendencias y tecnologías identificadas. De estos grupos, de trabajo se ha generado el documento que se describe ampliamente en este artículo.

El documento está estructurado en tres niveles de profundidad. Cada tendencia se desglosa en grupos temáticos que recogen, a su vez, las tecnologías que serán clave para la materialización del escenario medioambiental futuro.

Tres son las tendencias principales que aglutinan las tecnologías clave identificadas:

1. Gestión integral de los residuos industriales.

2. Uso sostenible y mantenimiento de la calidad de los recursos hídricos.

3. Ingeniería y desarrollo de equipos de uso medioambiental.

Cada tendencia se desglosa en grupos temáticos que recogen, a su vez, las tecnologías que serán clave para la materialización del escenario futuro configurado por las tendencias.

GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS INDUSTRIALES

El modelo de gestión de los residuos produce actualmente un elevado impacto ambien-

CUADRO 1
TECNOLOGÍAS ASOCIADAS A LA FUTURA GESTIÓN DE RESIDUOS

Agrupación tecnológica	Descripción	Ejemplo tecnología 1	Ejemplo tecnología 2
Técnicas analíticas *in situ*.	Se desarrollarán técnicas analíticas para la caracterización de los residuos en los lugares de origen y destino, con objeto de tomar decisiones sobre su correcta gestión.	Miniaturización de equipos para el análisis *in situ* de variables medioambientales.	Toxicidad y contenido en materia orgánica en estado sólido.
Bioensayos rápidos y fiables.	La tendencia identificada es hacia el desarrollo de bioensayos específicos por substancias o familias de substancias rápidas y fiables y la complementariedad entre los métodos físico-químicos y ecotoxicológicos.	«Kits» específicos por tipos de contaminantes.	Desarrollo de herramientas biotecnológicas para la detección de contaminantes.
Tecnologías de control analítico.	Las técnicas de análisis tenderán hacia la automatización, robotización de equipos multiparamétricos que conlleven una simplificación del proceso analítico y una reducción de costes.	Desarrollo y mejora de las técnicas de caracterización de los residuos y sus componentes.	Desarrollo de instrumentación para el control ambiental y de medición y monitorización del impacto ambiental de sistemas productivos.
Tecnologías de caracterización de suelos.	Dada la problemática asociada a la contaminación de suelos, se desarrollarán tecnologías para la caracterización de los mismos, asociadas al desarrollo normativo en cuanto a la tipificación de suelos contaminados, la preservación de la contaminación del suelo y aguas subterráneas y los procesos de descontaminación.	Tecnologías para determinar la disponibilidad, movilidad, especiación, efecto fitotóxico, etcétera.	Desarrollo de métodos innovadores y alternativas para la caracterización de suelos contaminados.

FUENTE: OPTI.

tal. El concepto de gestión integral de residuos persigue la sostenibilidad del sistema ambiental, de manera que progresivamente se produzca el desacoplamieto entre desarrollo económico y presión ambiental, a la vez que se incorporan prácticas de acuerdo con los niveles de desarrollo del país y de cultura ambiental que ostenta el mismo.

La gestión integral se establecerá de forma que se priorizará la minimización en origen, la valorización (recuperación, reutilización y reciclado), incluyendo la recuperación energética, y, por último, los tratamientos de eliminación. Finalmente, la deposición de residuos en vertedero constituirá la opción menos indicada y será aceptable siempre que no existan otras alternativas viables y se realice en condiciones seguras

En definitiva, la gestión integral de los residuos se verá pilotada por la internalización del factor ambiental en la industria y por el desarrollo tecnológico de procesos en los que se alcance un compromiso entre la economía y la protección ambiental.

Métodos y sistemas avanzados de caracterización. La necesidad de gestionar adecuadamente los residuos llevará al desarrollo de sistemas avanzados de caracterización, alcanzando este desarrollo tres niveles (cuadro 1):

- El conocimiento de las características de los residuos: físico-químicas, toxicológicas, mineralógicas, etc.
- El cumplimiento de la legislación: presencia de contaminantes y características de peligrosidad.
- La gestión *in situ* de los residuos: separación de corrientes de residuos, aceptación de residuos en vertedero, etc.

Producción limpia como factor de competitividad. La producción limpia se puede definir como la actuación sobre un proceso productivo con el objetivo de reducir la emisión de contaminantes y la generación de residuos. La internalización del factor ambiental se constituirá en un factor de competitividad propiciado, entre otros, por la trasposición de la Directiva IPPC.

Sin embargo, las aportaciones desde la gestión de residuos tendrán que ver con el cambio de las características o la generación de nuevos tipos de residuos como consecuencia de las actuaciones sobre los procesos productivos (cuadro 2, en la página siguiente).

Valorización de residuos mediante la recuperación. La valorización de residuos se orientará básicamente sobre dos ejes: la recuperación de materiales a partir de residuos en forma de metales, materias primas secundarias o subproductos aplicables en el propio proceso o en otros procesos, y la obtención de energía mediante el desarrollo de tecnologías de alta eficiencia y bajo impacto ambiental.

Las estrategias de valorización se deberán adecuar a los volúmenes de generación de los residuos y a las características intrínsecas de los mismos, así como a las condiciones del entorno: existencia de instalaciones, empresas recicladoras, presión social, etc. (cuadro 3, en la página siguiente).

Vertido de residuos en condiciones seguras. La deposición en vertedero de residuos se mantendrá como un método de gestión, con una tendencia al endurecimiento de las condiciones de vertido (técnicas y económicas) a la vez que se incrementan las medidas de seguridad de los propios vertederos.

La reducción de los residuos destinados a vertedero estará íntimamente asociada a la incorporación de las nuevas directivas sobre vertederos (cuadro 4, en la página siguiente).

CUADRO 2
TECNOLOGÍAS ASOCIADAS A LA PRODUCCIÓN LIMPIA

Agrupación tecnológica	Descripción	Ejemplo tecnología 1	Ejemplo tecnología 2
Procesos industriales que generen menos residuos.	Tendrán que ver con los propios procesos productivos y productos fabricados, y su implantación vendrá motivada por la prohibición del uso de ciertas materias primas, la generación de residuos y efluentes en menor cantidad y/o peligrosidad, por economía del proceso y por el cumplimiento de la legislación.	Incorporación de componentes que permitan la separación, recuperación y reutilización del producto o partes del mismo al final de su vida útil.	Diseño de componentes y productos para la disminución del consumo energético y mejora del desensamblado, reutilizabilidad y reciclabilidad.
Servicios de apoyo a planes de minimización.	La reducción de los costes de gestión de residuos, la obligación legal de presentar planes de minimización de residuos peligrosos y la progresiva penalización de la deposición de residuos en vertedero son los argumentos a considerar.	Desarrollo de herramientas que mejoren el conocimiento de los procesos en la industria.	Mejora de la calidad técnica de las ecoauditorías.
Introducción de las BAT en la empresa.	La introducción de las mejores tecnologías disponibles en la empresa será un factor determinante para alcanzar la producción limpia y establecerlo como factor de competitividad.	Herramientas de evaluación de las mejores técnicas disponibles de producción en los diferentes sectores.	

FUENTE: OPTI.

CUADRO 3
TECNOLOGÍAS ASOCIADAS A LA REVALORIZACIÓN DE RESIDUOS

Agrupación tecnológica	Descripción	Ejemplo tecnología 1	Ejemplo tecnología 2
Recuperación de energía.	La recuperación de energía a partir de residuos está condicionada básicamente por el contenido energético de los residuos, por el volumen y homogeneidad en que éstos se generan y por la contestación social en contra de esta práctica.	Innovación en tecnologías de: – Incineración (lecho fluido, ciclo combinado, etc.), gasificación, pirólisis – Procesos de valorización energética con aprovechamiento integral de residuos (biometanización, gasificación, pirólisis, incineración y coincineración). – Utilización eficiente de la biomasa para su aprovechamiento energético. – Desarrollo de procesos térmicos avanzados. – Obtención de combustibles líquidos a partir de residuos sólidos industriales.	■ Aplicación de la biotecnología a la valorización energética de residuos. ■ Degradación biológica (aerobia, anaerobia vía seca, codigestión de residuos, etc.). ■ Fermentación alcohólica (etanol, metanol, etc.), esterificación (biodiesel), etc. ■ Desarrollo de combustibles alternativos. Producción de biocombustibles.

Agrupación tecnológica	Descripción	Tecnologías clave
Recuperación de materiales.	El desarrollo de la recuperación de materiales a partir de residuos tenderá a la obtención de materias primas secundarias, es decir, residuos que con un tratamiento previo liviano puedan servir como materia prima a otro proceso o de forma diluida en el propio proceso, la obtención de materiales y la recuperación de metales con valor añadido mediante la aplicación de tecnologías avanzadas de separación y extracción.	■ **Tecnologías de recuperación:** – Tecnologías de extracción hidrometalúrgicas, pirometalúrgicas, mixtas, etc. – Extracción selectiva de metales valorizables. – Valorización de escorias y cenizas de las plantas de incineración de residuos. ■ **Desarrollo de análisis de ciclo de vida (ACV) simplificados:** – ACV materias primas de origen natural frente a residuos.

FUENTE: OPTI.

INDICADORES DEL ESTUDIO

✓ Volumen y tipo (peligrosos, inertes, etc.) de residuos industriales anuales generados.

✓ Índice económico: PIB/volumen de residuos industriales generados.

✓ Cantidad de residuos depositados en vertedero.

✓ Cantidad de residuos reciclados.

✓ Número instalado y capacidad de producción de energía de plantas de recuperación energética a partir de residuos.

✓ Número de empresas operando en gestión y tratamiento de residuos industriales. Número de empresas certificadas con la ISO 14.000.

CUADRO 4
TECNOLOGÍAS ASOCIADAS AL VERTIDO SEGURO DE RESIDUOS

Agrupación tecnológica	Descripción	Ejemplo tecnología 1	Ejemplo tecnología 2
Prevertido.	Se desarrollarán procesos y tecnologías que permitan alcanzar las condiciones impuestas a los residuos para ser depositados en vertedero y aquellas que incorporen una mejora del rendimiento económico de la gestión integral de los residuos.	Tecnologías de preselección: – Clasificación y separación de plásticos, metales y fracción orgánica de residuos. – Desarrollo de herramientas, técnicas y modelos de identificación y separación de materiales, sobre todo no metálicos.	Tratamientos de detoxificación: – Térmicos (desorción térmica). – Físico-químicos. – Electroquímicos. – Biológicos.
Posvertido.	Las tecnologías posvertido tendrán, como base de su desarrollo, evitar el traslado de los residuos y contaminantes depositados en vertedero a otros compartimentos medioambientales, preservar la seguridad de los vertederos al final de su vida útil y la recuperación de materiales de vertederos.	Tecnologías de gestión de vertederos: – Técnicas informáticas de gestión. – Metodologías de codisposición de residuos.	Tecnología de restauración, clausura y control de vertederos: – Materiales de impermeabilización. – Protocolos de clausura de vertederos. – Telecontrol de emisiones.

FUENTE: OPTI.

CUADRO 5
TECNOLOGÍAS ASOCIADAS A LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA

Agrupación tecnológica	Descripción	Ejemplo tecnología 1	Ejemplo tecnología 2
Mejora de las redes de transporte y distribución del agua.	Una de las fuentes más importantes de ahorro es la reducción de las pérdidas que se producen en las redes, fundamentalmente en las más antiguas. El deficiente estado de algunas infraestructuras es causa de que se produzcan en ocasiones importantes pérdidas de agua, fundamentalmente por fugas en las tuberías.	Tecnologías de control *on-line* de redes de distribución.	Nuevos sistemas de inyección de materiales y soldadura de fugas.
La reconversión del sector agrícola implica la optimización de la eficiencia de riego.	El regadío es una actividad que desempeña un papel decisivo en la demanda total de los recursos hídricos. Con la reconversión del sector agrícola se modifican los tipos de cultivos y explotaciones que propicia el desarrollo e implantación de nuevas técnicas de riego, las cuales se caracterizan por su mayor eficacia y menor demanda de recursos hídricos.	Desarrollo de tecnologías de riego: – Que minimicen pérdidas por evaporación (gota a gota, etc.). – Con control automatizado de aporte de agua. – Con control automatizado de temperatura y humedad ambiental. – Evapotranspiración vegetal.	Sistemas cerrados de almacenamiento, suministro y distribución de agua.
Monitorización y control a tiempo real de caudales.	Minimizar el consumo de agua, fundamentalmente en la industria, por un control y una medida más real de las necesidades de agua para llevar a cabo los diferentes procesos y labores que demandan su uso. Esto se llevará acabo mediante la monitorización y control a tiempo real de los caudales.	Desarrollo de sistemas de control que permitan conocer consumos y generar alertas que induzcan a la disminución de la demanda de agua por parte de los usuarios.	

FUENTE: OPTI.

✓ Aportación destinada a I+D por parte de la Administración a proyectos de desarrollo tecnológico en caracterización, valorización y tratamiento de residuos industriales.

✓ Número de patentes sobre caracterización, valorización y tratamiento de residuos industriales.

USO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

La riqueza, la calidad de vida y las condiciones ambientales son diferentes alrededor del mundo, y continuarán cambiando a lo largo del tiempo. Sin embargo, en lo que concierne a la conservación y el uso sostenible de los recursos hídricos, se requiere adoptar una acción inmediata.

El uso de los recursos hídricos se desarrollará y gestionará tomando en consideración todas las funciones del agua, de for-

CUADRO 6
TECNOLOGÍAS ASOCIADAS AL SOSTENIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Agrupación tecnológica	Descripción	Ejemplo tecnologías
Control de la captación, abastecimiento y distribución.	Se han diseñado nuevos métodos de análisis para el control de un mayor número de contaminantes en aguas. La analítica instrumental ha adquirido un grado de sensibilidad tal que permite detectar la presencia de tóxicos y contaminantes en concentraciones traza.	Desarrollo de nuevas técnicas instrumentales. Desarrollo de herramientas de gestión, monitorización y control del ciclo integral del agua.
Gestión y consumo.	Uno de los aspectos importantes en la temática del agua es la clasificación de la demanda y calidad de las aguas en función de su uso, que para muchos se convierte en una de las claves de un uso más racional del agua.	Diseño de aparatos electrodomésticos y otros que incorporen el ahorro del agua. Técnicas de información/formación a los usuarios utilizando el avance tecnológico de los sistemas de comunicación.

Agrupación tecnológica	Descripción	Subagrupación	Ejemplo tecnologías
Tratamientos avanzados.	El coste real del agua, la falta de disponibilidad de espacio y las exigencias normativas, cada vez más estrictas en cuanto a la calidad de los tratamientos, han propiciado el desarrollo de tecnologías de tratamiento avanzado, tanto para dar respuesta a la aguas residuales urbanas como a las industriales, cuyo tratamiento presenta una mayor complejidad.	**Físicoquímicos** – Reactivos de propiedades avanzadas.	■ Desarrollo de nuevos productos coagulantes. ■ Desarrollo de nuevos productos floculantes. ■ Desarrollo de nuevos productos oxidantes.
		Tecnologías de membranas. Ha supuesto un gran avance dentro del tratamiento de las aguas, tanto en el abastecimiento (desalación de agua de mar, pretratamiento de las aguas de abastecimiento) como en la depuración (desarrollo de reactores de membrana-BRM).	■ Microfiltración. ■ Ultrafiltración. ■ Nanofiltración. ■ Osmosis inversa (ej., sistemas de desalación). ■ Pervaporación, para la eliminación de contaminantes orgánicos volátiles de las aguas.
		Tecnologías de oxidación avanzada. Se desarrollan y prosperan a raíz de las cada vez más exigentes normativas de vertido, en las que los límites son continuamente más estrictos y el número de sustancias contaminantes a controlar es cada vez mayor. Algunas de ellas también tienen su implantación y auge en los tratamientos de desinfección, al irse limitando la utilización de la cloración por los efectos nocivos que su uso implica (formación de trihalometanos, etc.).	■ Ultravioleta. ■ Ozonización. ■ Electroquímicas. ■ Oxidación subcrítica y supercrítica. ■ Ultrasonidos.
		Tratamientos biológicos. Se contempla como un proceso en el que los microorganismos son los verdaderos artífices de la depuración de las aguas residuales. Esto propicia la incorporación de los desarrollos y tecnologías biológicas a la mejora del rendimiento del sistema de tratamiento. Se mejoran las cepas microbianas responsables de la depuración y se modifican para optimizar su rendimiento y especificidad por los diferentes contaminantes.	■ Sistemas de tratamiento con cepas modificadas. ■ Cultivos bacterianos específicos. ■ Tecnologías de nitrificación/desnitrificación y eliminación de fósforo de alta eficacia. Biorreactores de membrana.
Otras tecnologías colaterales asociadas a los tratamientos de aguas.	**Telemando, telegestión y telecontrol de sistemas de tratamiento.** La implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones y complejos residenciales que no pueden ser gestionados *in situ* ha propiciado la creación de un nuevo mercado de gestión de plantas residuales a distancia, utilizando y desarrollando tecnologías de gestión por control remoto.	■ Tecnologías de telemando.	■ Tecnologías de telegestión.
	Tecnologías avanzadas de cogeneración de energía, cuyo objetivo sea abaratar el coste de los tratamientos de aguas.	■ Tecnologías avanzadas en el aprovechamiento de biogás generado en los procesos biológicos.	■ Aprovechamiento energético de los fangos.

FUENTE: OPTI.

CUADRO 7
TECNOLOGÍAS ASOCIADAS A LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA

Agrupación tecnológica	Ejemplo tecnologías
Aplicación e implantación generalizada de tecnologías avanzadas de tratamientos terciarios.	Eliminación. Desinfección. Desmineralización.
Técnicas analíticas de análisis del agua en tiempo real y valoraciones toxicológicas interpretativas.	
Sistemas de distribución del agua regenerada.	

FUENTE: OPTI.

ma que sea sostenible y eficiente. En el escenario futuro en torno al agua se asume la protección ambiental como objetivo social traducido en acciones encaminadas al ahorro y disminución de la demanda de agua, gestionada con racionalidad y que se concreta en una bajada del consumo específico en todos los sectores implicados. La calidad física, química y biológica de las aguas mejorará cualitativamente.

Esta mejora en la calidad se consigue tras un esfuerzo importante de las empresas para optimizar sus procesos y sus materias primas, segregar las corrientes contaminantes para optimizar sus tratamientos antes del vertido y reutilizar al máximo el agua, lo que se traduce en un uso racional y un ahorro significativo del agua.

Disminución del consumo específico del agua en todos los sectores. El establecimiento de un precio real del agua, incluyendo los costes asociados a su captación, acondicionamiento, distribución y tratamiento, y la imposición de criterios más restrictivos en la adjudicación de cupos de captación de agua para la industria, obliga a los consumidores y a las empresas a racionalizar su uso.

Esto trae como consecuencia el desarrollo de nuevas tecnologías capaces de reducir el consumo y disminuir el coste asociado a su disponibilidad y tratamiento (cuadro 5, en la página 91).

Aunque la tasa demográfica se ha movido en general, durante los últimos años, en valores negativos y se ha reducido el nivel de la demanda de agua, las actividades agrícola y turística han acentuado aún más el desequilibrio por déficit hídrico existente entre las diferentes zonas de España.

La calidad del agua y mejora del control de los vertidos. Se promulgan normativas cada vez más exigentes respecto a los límites de vertido para la preservación del medio receptor. Esto ha venido acompañado del desarrollo de técnicas de análisis, de monitorización y control. Esta presión normativa ha propiciado un avance importante en el desarrollo de tecnologías de tratamiento avanzado, consiguiéndose altos grados de depuración. La visión del agua como un todo ha propiciado los planteamientos integrales de su gestión (cuadro 6, en página anterior).

La reutilización del agua como alternativa de recursos. Al promulgarse normativas cada vez más exigentes respecto a los límites de vertido para la preservación del medio receptor, las tecnologías de tratamiento han avanzado enormemente y siguen en este proceso, consiguiendo altos grados de depuración.

Para minimizar los costes asociados al saneamiento y dar un buen uso a un agua tratada de buena calidad, se plantea la reutilización como una fuente alternativa y muy interesante para disminuir la demanda de los recursos hídricos naturales.

Este hecho ha tenido que venir precedido de una concienciación social importante y de una normativa que regule las diferentes calidades del agua a reutilizar en función de sus usos (cuadro 7).

INDICADORES DEL ESTUDIO

✓ Consumo de agua de abastecimiento, industrial, agrícola.

✓ Número de plantas de recuperación energética.

✓ Índice de calidad de agua superficial.

✓ Precio del agua.

✓ Número de empresas con ISO 14.000.

✓ Aportación destinada a I+D por parte de la Administración en tecnología del agua.

✓ Número de plantas de tratamiento y capacidad de tratamiento.

INGENIERÍA Y DESARROLLO DE EQUIPOS MEDIOAMBIENTALES

La tecnología es un factor decisivo en el desarrollo de un país, y su avance se materializa en el sector de los bienes de equipo, incluidos los medioambientales, siendo su nivel un indicador fiable del grado de desarrollo alcanzado, hasta tal punto, que se la considera una industria estratégica, con incidencia directa sobre el empleo estable y cualificado.

El papel de la Administración Pública como agente dinamizador se considera clave. Las empresas indican como principal factor, en el desarrollo de su demanda medioambiental, la existencia de una legislación al respecto, aunque también está creciendo de forma continuada la importancia del factor imagen o la exigencia del propio mercado. Se estima que, en 1998, el mercado medioambiental mundial movió 330.000 millones de euros, de los que 132.000 millones correspondieron a la producción de EEUU.

Centrando la atención en el mercado europeo, la aportación estimada de esta acti-

CUADRO 8
TECNOLOGÍAS ASOCIADAS A LA INGENIERÍA AMBIENTAL

Agrupación tecnológica	Descripción	Ejemplo tecnologías
Equipos de control y análisis.	El cada vez mayor conocimiento acerca de los riesgos sobre la salud y los ecosistemas de los distintos contaminantes existentes en el medio ambiente, derivan en una necesidad de desarrollar equipos de control y análisis cada vez más sofisticados, que permitan alcanzar límites de detección más bajos, así como la obtención de resultados rápidos y, a la vez, fiables. Asimismo, los equipos tienden a ser más pequeños, automatizados y multiparamétricos.	– Desarrollo de sensores específicos por grupos de sustancias. – Instrumentación para especiación de contaminantes. – Automatización, robotización de equipos multiparamétricos. – Miniaturización de equipos.
Equipos de monitorización y control a distancia.	La tendencia a disponer de más información medioambiental favorecerá el desarrollo de equipos de monitorización y control a distancia, para obtener información fiable y en tiempo real, que permita adoptar decisiones en distintas situaciones.	– Desarrollo de técnicas analíticas de medición y control en continuo. – Desarrollo de redes integradas de vigilancia y control de la contaminación. – Desarrollo de protocolos de comunicación y transmisión de datos medioambientales seguros. – Técnicas de detección y seguimiento vía satélite. – Herramientas de simulación.
Equipos para la corrección ambiental (ruido).	El ruido está cobrando una importancia y preocupación creciente en la sociedad actual. La resolución de problemas medioambientales considerados hasta la fecha como más graves y el aumento del bienestar hacen que problemas que ocasionan una molestia sean cada vez más tenidos en cuenta, cobrando por tanto una importancia relevante el desarrollo de equipos para la corrección ambiental.	– Instalaciones y equipos genéricos destinados al aislamiento/confinamiento de focos emisores de ruido. – Desarrollo de procesos más silenciosos.
Equipos para la corrección ambiental a fin de línea.	La tendencia cada vez más generalizada es el diseño y desarrollo de equipos e instalaciones que generen menos residuos (sólidos, líquidos y pastosos). No obstante, no siempre es posible prevenir de forma total la contaminación en origen, lo que hace necesario el desarrollo de equipos de depuración *fin de línea.*	En este contexto se desarrollarán, entre otros, equipos para el tratamiento de olores.
Equipos para el reciclado y la valorización de residuos.	De forma general, se desarrollarán equipos orientados al reciclado y valorización de residuos.	– Equipos para la obtención de combustibles derivados de residuos. – Equipamiento para el tratamiento de la contaminación atmosférica que genere subproductos valorizables. – Equipos y sistemas de recogida selectiva de residuos no-RSU. – Tecnologías de gasificación y aprovechamiento energético de residuos orgánicos (industriales y agropecuarios). – Equipos para el aprovechamiento de residuos industriales en el sector de la construcción, edificación y obra civil. – Tecnologías y equipos para el aprovechamiento de los residuos de la construcción. – Equipos para el tratamiento *in situ*. – Incineración e inertización de residuos peligrosos no valorizables. Descartadas las posibilidades técnicas y/o económicas de valorización, así como de desclasificación de residuos peligrosos, se tenderá hacia la eliminación de dichos residuos mediante su incineración o estabilización química (inertización), para su posterior deposición en vertedero de inertizados.

FUENTE:

vidad al producto internacional bruto se sitúa en torno al 1,6 %, superando en más de un millón los empleos que genera.

INDICADORES

✓ Número de denuncias medioambientales (ruidos, olores, etc.).

✓ Volumen de residuos depositados en vertedero; se puede desagregar por tipos (inertes, escombros, etc.).

✓ Número de vertederos clausurados.

✓ Número de instalaciones de reciclado implantadas y valorización de residuos.

✓ Facturación anual de la ecoindustria en España (cuadro 8).

BIBLIOGRAFÍA

™ Medioambiente: Tendencias y Tecnologías a medio y largo plazo, MCYT-CDTI-OPTI.
™ Perspectiva Medioambiental de la OCDE, OCDE.