



Tecnología y Ciencia del Presente para contribuir a un Futuro Sostenible

	ARTÍCULOS
04	Del biogás al biometano
12	Las técnicas PCR y qPCR y su papel en la recuperación de daños medioambientales
18	La conexión climática entre temperatura, CO ₂ y KPIs

22 NOTICIAS

32 SERVICIO

34 CONTERO



índice

editorial

Estimados y queridos amigos:

Acabamos de celebrar en nuestra empresa junto con proveedores, clientes, amigos y familiares nuestro 25° aniversario. En estos años hemos visto nacer la histórica Ley de Residuos, el Real Decreto de Suelos Contaminados, la Directiva IPPC sobre las emisiones industriales (Prevención y Control Integrados de la Contaminación), la Ley de Responsabilidad Medioambiental, la liberación del mercado eléctrico, la moratoria a las EERR, el Protocolo de Kioto, entre otros muchos cambios. También hemos visto como las EERR se han hecho, año tras año, más competitivas, convirtiéndose en una fuente de energía más sostenible. Las normativas para la fabricación, el manejo y el almacenamiento de sustancias peligrosas se han desarrollado enormemente y profesionales de KEPLER han colaborado en la elaboración de algunas de ellas. A lo largo de estos años hemos consolidado nuestro equipo de profesionales, y hemos constatado las posibilidades que ofrece un equipo multidisciplinar consolidado que está compuesto por profesionales capaces de cubrir campos que van desde la biología molecular y la geoquímica hasta la ingeniería industrial y civil y la fabricación de equipos.

En el entorno político, social y económico también hemos experimento y, a veces sufrido, profundos cambios, como el nacimiento del Euro como moneda única. También estamos viviendo las consecuencias de la salida de un Estado miembro de la UE, Reino Unido. Alemania ha sido reemplazada por China como el primer país exportador, convirtiéndo-

se este país en la fábrica del mundo, tomando la posición de liderazgo económico, lo que hace patente la pérdida de competitividad de Europa.

También hemos sufrido enormemente la crisis financiera iniciada en 2008 con el colapso del sistema financiero

español y mundial. De nuevo vivimos otra crisis financiera, esta vez en un entorno más complejo, derivado de una crisis sanitaria que no tiene precedentes, a mi juicio, en la historia. Las consecuencias están aún por ver. Por el momento, considero que esta crisis ya ha generado una destrucción de la capacidad de producción industrial, con todas sus consecuencias que tampoco tiene precedentes. A la luz de ello, me pregunto si las medidas de lucha contra la enfermedad COVID-19 han sido proporcionadas. También me pregunto por las consecuencias de la aplicación indiscriminada a toda la población de las nuevas vacunas genéticas. ¿Se ha valorado suficientemente si puede afectar a la salud de los trabajadores de nuestras empresas a medio y largo plazo? Puede ser un experimento apostando todo a la misma carta. ¿Qué pasará si la carta ha sido la equivocada? Espero que todo se haya hecho con medida y proporcionalmente.

Quiero aprovechar la celebración de este aniversario para dar las gracias a los cofundadores Soledad García de Fuentes Churruca y Ulrich Nägele, mi mujer y mi hermano respectivamente. También quiero agradecer a toda la plantilla, y en particular al equipo de directivos, su entusiasmo, entrega, creatividad, afán de superación y lealtad, no solo en los años de mayores éxitos, sino también durante los largos años de la última crisis financiera y en la actual causada por las medidas frente al COVID-19.

También nuestros proveedores ocupan un lugar esencial en la cadena de valor, algunos de ellos ya desde hace décadas. Sin ellos no hubiera sido posible proporcionar unos servicios de calidad a nuestros clientes. Hemos trabajado para hacer nuestros trabajos más competitivos y de mayor calidad, y esto a menudo gracias a la estrecha colaboración con nuestros clientes. En este sentido me gustaría especialmente destacar el servicio de gestión integral de siniestros con productos peligrosos. Un servicio único, fruto de la colaboración entre cliente, administraciones públicas, proveedores y KEPLER.

También quiero aprovechar la celebración de este aniversario para agradecer a los clientes que han demostrado su sentido de solidaridad con las PYMES en los distintos años de crisis económica, reconociendo el importante papel de éstas en la innovación y creación de

¿Se ha valorado suficientemente si las vacunas genéticas pueden afectar a la salud de los trabajadores de nuestras empresas a medio y largo plazo?

conocimiento, la creación de empleo, el bienestar y la antifragilidad que hacen una sociedad fuerte frente a un "Cisne Negro". Queremos comprometernos con nuestros nuevos clientes y seguir trabajando estrechamente con los miles de ellos que lo son ya desde hace muchos años, destacando dos empresas que, desde el año 1997, de forma ininterrumpida, se han convertido en nuestro sello de identidad, BENTE-LER IBERICA, S.A. y BEKAERT INDUSTRIAS DEL UBIERNA, S.A.

Aprovecho de nuevo esta ocasión para agradecerles sinceramente su confianza y apoyo.



Norbert Nägele Director Gerente KEPLER, INGIENIERÍA Y ECOGESTIÓN, S.L. Grupo Empresarial AUNARA

Del Biogás al Biometano

Se definen los residuos como aquellos materiales generados en las actividades de producción, transformación y consumo que no han alcanzado, en el contexto en que son generados, ningún valor económico, tanto por no existir las tecnologías adecuadas para su recuperación, como por no ser posible la comercialización de los productos recuperados. Actualmente, la estrategia de la Unión Europea es lograr la minimización de los residuos producidos y obtener el mejor aprovechamiento de los que aún se generan, reduciendo su impacto ambiental. En otras palabras, impulsar la economía circular.

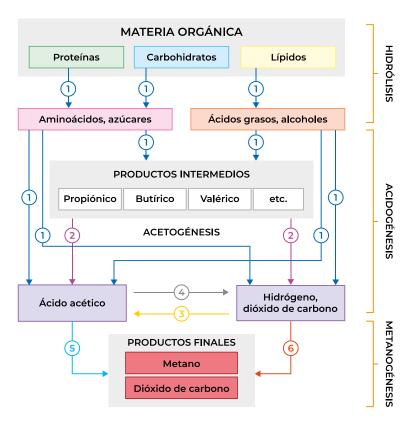


Figura 1: Proceso degradativo de la Digestión Anaerobia. Fuente; Adaptada de Pavlostathis y Giraldo-Gómez, 1991.

1. INTRODUCCIÓN



Materias primas procedentes de residuos animales utilizadas para la producción de biogás.

GRUPOS DE BACTERIAS Y ARQUEAS

1. Hidrolíticas

Existe un interés creciente

en el biometano, como

sustituto del gas natural,

por su importante valor

energético

- 2. Fermentativas
- 3. Homoacetogénicas
- 4. Oxidadoras de Acetato
- 5. Metanogénicas Acetoclásticas
- 6. Metanogénicas Hidrogenotróficas

En España existen más de 2000 Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales

EDAR

RSU

Residuos Sólidos Urbanos, provenientes de los procesos de consumo y desarrollo de las actividades humanas Entre la gran variedad de residuos existentes destacan, por su volumen e importantes connotaciones medioambientales, los residuos biodegradables. Dentro de ellos, cabe resaltar a la fracción orgánica de residuos urbanos, explotaciones ganaderas, vertidos agroindustriales y lodos de depuradoras (EDAR). El tratamiento de estos residuos por digestión anaerobia o biometanización, tiene no sólo importantes beneficios ambientales, pues se contribuye a la disminución de su carga contaminante, sino también energéticos, ya que se produce un combustible

renovable gaseoso como el biogás, y sociales, al poder crear empleo en zonas demográficamente deprimidas.

La degradación anaerobia o biometanización es un proceso biológico mediante el cual la materia orgánica, en ausencia de oxígeno y por medio de bacterias espe-

cíficas (anaerobias), se degrada en una serie de productos gaseosos, conocidos como biogás, y un digerido que puede ser utilizado como enmienda orgánica. La biome-

tanización puede ocurrir de manera forzada en digestores anaerobios diseñados al efecto, o de manera natural en vertederos controlados de RSU.

El biogás tiene un importante valor energético al contener metano como componente mayoritario (50-75%), de interés por tanto en la **generación local de calor y electricidad**; no obstante existe un interés creciente en el biogás enriquecido en metano (biometano), como **sustituto del gas natural**, tanto para su integración en la red gasística

como para su uso en automoción.

Por lo tanto, la digestión anaerobia se configura como un proceso idóneo para el tratamiento y aprovechamiento energético de los residuos orgánicos en forma de biogás/biometano y para una reducción neta de emisiones de gases de efecto invernadero. Se podría decir que la digestión anaerobia de los residuos biodegradables es un paradigma de

economía circular, ya que se utiliza un residuo para producir energía, reduciéndose al mismo tiempo su contaminación potencial.

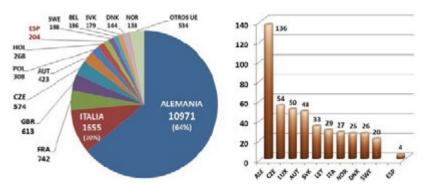


Figura 2: (izda.) Número total de plantas de biogás en países de la UE; (dcha) número de plantas por millón de habitantes (2017) Fuente: Adaptadas de EBA, 2018.



Planta de biogás de una granja de cerdos

2. EL BIOGÁS

Biogás es el nombre genérico de los gases producidos como consecuencia de la digestión anaerobia o biometanización de los residuos orgánicos, con independencia de la materia prima y la técnica empleada. La degradación de la materia orgánica se realiza a través de una serie compleja de reacciones bioquímicas, que son llevadas a cabo por distintas familias de microorganismos, y en la que se establecen diferentes etapas (Figura 1).

Como resultado del proceso se produce una mezcla constituida principalmente por metano (CH_4), entre un 50% y 75% y dióxido de carbono (CO_2), entre un 25% y 50%. Dependiendo de la naturaleza del sustrato, suelen estar presentes, en bajas cantidades, vapor de agua (H_2O), ácido sulfhídrico (H_2S), oxígeno (O_2), nitrógeno (N_2), hidrógeno (H_2), amoniaco (NH_3), compuestos orgánicos volátiles (COV) o siloxanos.

EL BIOGÁS EN EUROPA

El crecimiento constante del número de plantas de biogás europeas durante la última década indica la robustez del sector. Según la Asociación Europea de Biogás (EBA), a finales de 2017, había 17.783 plantas de biogás en Europa alcanzando una capacidad eléctrica instalada de 10.532 MW y una producción de electricidad a partir de biogás de 65.179 GWh (EBA, 2018). La distribución de las plantas por países y millón de habitantes, se se muestra en la Figura 2.

El sector ha seguido creciendo y a finales de 2019, había ya un total de 18.943 plantas con una producción de 167 TWh o 15.800 millones de m³ de biogás (EBA, 2020).

APLICACIONES DEL BIOGÁS

La composición del biogás afecta a su aprovechamiento, ya que la concentración en metano determina su poder calorífico (Pci) y **una elevada concentración de alguno de sus componentes traza puede determinar su aplicación.** Por ello, el biogás puede requerir tratamiento en función de su composición y su uso potencial. Sus aplicaciones más empleadas son la generación de calor y electricidad. En el caso de su uso en motores, ningún compuesto minoritario (H,S, CO, NH₂, H₂O, COV, etc.), puede superar los

límites permitidos por los equipos, en cuyo caso habría que aplicar un tratamiento de "limpieza de biogás". En la práctica, es el H₂S el principal objetivo y muchas plantas de biogás actuales tienen unidades de eliminación de H₂S basadas en procesos físico-químicos y biológicos; estos últimos basados en la oxidación biológica de H₂S (Angelidaki, 2018).

Sin embargo, el creciente interés de utilizar el biogás para otras alternativas como sustituto del gas natural (automoción e integración en la red gasística), ha abierto nuevas vías en el desarrollo de técnicas de "mejora del biogás". Como se ha comentado, el contenido energético del biogás está determinado por su poder calorífico o, lo que es lo mismo, por su porcentaje de metano, ya que el contenido de CO₂ disminuye su valor energético limitando su uso.

Cuando el biogás es sometido a *upgrading*, se transforma en un gas con especificaciones similares al gas natural, se convierte en biometano.

El concepto básico de "mejora" del biogás, más conocido por su expresión en inglés, upgrading, consiste en reducir el porcentaje de los gases diferentes al CH₄ (~65%), principalmente separando el CO₂ (~35%) así como los restantes gases minoritarios ya citados. En el biogás "enriquecido" la proporción de metano aumenta generalmente por encima del 96% (vol.), para cumplir con los estándares de calidad del gas natural. Cuando el biogás es sometido a upgrading, se transforma en un gas con especificaciones similares al gas natural, se convierte en biometano, también llamado "gas verde" o "gas natural renovable-RNG". Europa produjo 26 TWh o 2,43 millones de m³ de biometano en 2019 (EBA, 2020).



3. TECNOLOGÍAS DE UPGRADING

TECNOLOGÍAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

Actualmente, existen cinco tecnologías físico-químicas para la separación / transformación del CO_2 del biogás a nivel comercial, que involucran procesos de absorción, adsorción y separación por membranas. El porcentaje de plantas de tratamiento que utilizan cada una de ellas, se muestra en la Figura 3. Otras tecnologías, aún en desarrollo, están basadas en procesos criogénicos o de hidrogenación química. En general, la recuperación de metano de los procesos fisicoquímicos puede alcanzar un porcentaje superior al 96%. Se requiere un aumento de temperatura, alta presión o la adición de productos químicos para asegurar una biometanización eficiente.

TECNOLOGÍAS BIOLÓGICAS

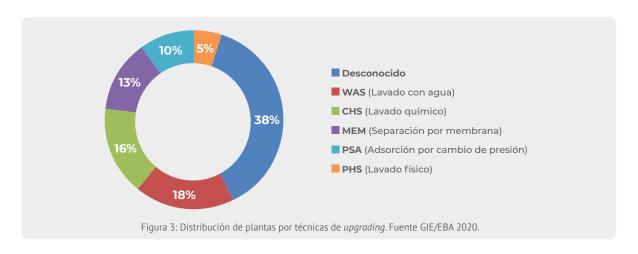
Las tecnologías biológicas de *upgrading* se encuentran en una etapa inicial de implementación piloto o a gran escala. La principal ventaja de estas tecnologías está relacionada con el hecho de que el CO_2 se convierte en otros productos, de alto valor agregado o que contienen energía, en condiciones operacionales suaves (es decir, presión atmosférica y temperatura moderadas) contribuyendo significativamente a una economía circular y de base biológica sostenible. Estas técnicas se clasifican generalmente en fotoautótrofa y quimioautótrofas.

Bio metano

En España existe una sola planta de producción situada en el Parque Tecnológico de Valdemingómez.

Micro algas

Son altamente eficientes en la fijación de CO₂ y en la producción de biomasa.



Debido a las condiciones de trabajo requeridas para el funcionamiento de estas tecnologías, los costos de inversión y operación, debido a la demanda de energía, siguen siendo altos (Sun et al., 2015). La demanda de energía se deriva principalmente del consumo de electricidad y del uso de agua o productos químicos y dispositivos de calefacción/refrigeración (Sun et al., 2015). Además, el uso de disolventes orgánicos, la gran cantidad de CO₂ liberado a la atmósfera y las pérdidas de CH₄ reducen los beneficios ambientales de la producción de biogás (Angelidaki, 2018). Estas circunstancias han motivado el interés en desarrollar el *upgrading* biológico del biogás como alternativa a las tecnologías actualmente disponibles.

MÉTODOS FOTOAUTÓTROFOS

La capacidad fotosintética de las microalgas se puede utilizar para mejorar el porcentaje de metano del biogás, convirtiendo el $\mathrm{CO_2}$ del biogás (secuestro de carbono) en biomasa. El método permite también eliminar $\mathrm{H_2S}$, mientras que se consume más del 54% de $\mathrm{CO_2}$. La recuperación de metano de las tecnologías fotoautótrofas puede llegar hasta el 97%, según el tipo de reactor y las especies de algas seleccionadas, pudiendo llegar a satisfacer las regulaciones existentes de lograr un máximo de 2 a 6% de $\mathrm{CO_2}$ en el gas final (Meier et al., 2015). Este proceso puede llevarse a cabo en fotobiorreactores tanto cerrados como abiertos; en los primeros, tiene lugar un alto

rendimiento fotosintético si bien con altos costos de inversión, demanda de energía y nutrientes. Por el contrario, los fotobiorreactores abiertos necesitan escasa inversión para su construcción y operación, pero tienen una menor absorción fotosintética de CO₂.

Además, un beneficio secundario de la biomasa de microalgas es la extracción de productos de alto valor añadido, en particular, carotenoides, ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga y ficocoloides (Guedes et al., 2011), así como biomasas alternativas (algas de agua dulce y salada y cianobacterias) para la producción de biogás (Mussgnug et al., 2010).

MÉTODOS QUIMIOAUTÓTROFOS

En los métodos quimioautótrofos de transformación del biogás a biometano, el CO_2 reacciona con H_2 externo y se convierte en CH_4 adicional, mediante la metanogénesis hidrogenotrófica. Este proceso se basa, por tanto, en la acción de las denominadas bacterias metanógenas hidrogenotróficas (Figura 1), según la siguiente ecuación:

$$4 H_{2} + CO_{2} \rightarrow CH_{4} + H_{2}O$$
 $\Delta G = -130.7KJ / mol (1)$

Por otra parte, el upgrading quimioautótrofo se ha considerado muy positivamente en el caso de utilizar electricidad renovable en la hidrólisis del agua para obtener H₂, especialmente en los casos en los que se emplea la electricidad residual de aerogeneradores o paneles solares. En este sentido, la metanización quimioautótrofa se puede utilizar como una tecnología Power-to-Gas, ya que este método también sirve para almacenar la energía sobrante generada por aerogeneradores o módulos fotovoltaicos. El almacenamiento del exceso de energía eólica y solar es un desafío clave, dado que la seguridad de la planificación es necesaria para la estabilidad de la red eléctrica, para lo cual, las baterías presentan aún serios inconvenientes (Angelidaki et al., 2018). La electrólisis del agua que utiliza electricidad renovable produce O₃, además de H₂. De esta forma, la generación de H₂, es una fuente de energía limpia y libre de emisiones de CO₃, que se puede almacenar fácilmente en la infraestructura de gas natural existente, reduciendo así el coste de inversión inicial. Por otra parte, el contenido energético del CH₄ (36 MJ/m³) es notablemente superior al del H₂ (10,88 MJ/m³) (Luo et al., 2012). Finalmente, esta tecnología sirve como condición previa de sostenibilidad, dentro del ambicioso plan de desvincular la producción de biogás de la disponibilidad de biomasa.

Los procesos en los que se produce la mejora del biogás mediante la aportación de hidrógeno se pueden clasificar en tres categorías (Figura 4): diseños *in situ, ex situ* e híbridos (Kougias et al., 2017b).

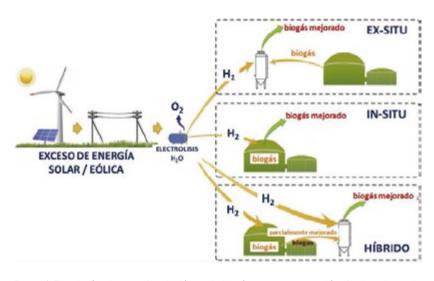


Figura 4. Tecnologías de upgrading biológico de biogás *in situ, ex situ* e híbridas basadas en la metanización de hidrógeno. Fuente: Adaptado de Angelidaki, 2018.

La producción de biometano sigue creciendo de forma significativa. En 2019 aumentó en un 15% en relación con el año anterior, el mayor aumento en las plantas de biometano hasta la fecha.

Hasta ahora, los procesos *in-situ* y *ex-situ* están probados experimentalmente y hay varios trabajos de investigación disponibles en la literatura. Sin embargo, el concepto híbrido se encuentra actualmente en desarrollo y pronto estarán disponibles los primeros resultados relacionados con esa tecnología (Angelidaki et al, 2018).

En el concepto in-situ, el H₂ se inyecta en un reactor de biogás para que reaccione con el CO,, y convertirse en CH₄ por la acción de arqueas metanogénicas autóctonas (Kougias et al., 2017b). El proceso puede llegar a producir un biometano con un 99% de metano (Wang et al., 2013), si bien solo en los casos en que los parámetros operativos (por ejemplo, el pH) estén completamente monitorizados y controlados. No obstante, aún quedan desafíos técnicos por resolver, entre otros, los relacionados con el incremento del nivel de pH a valores superiores a 8.5, lo que lleva a la inhibición de la metanogénesis, lo que se atribuye a la eliminación de bicarbonato, que es el tampón clave en el proceso de biogás. La utilización de CO, conducirá a una disminución de H+, con el consiguiente aumento del pH de fermentación (Luo et al., 2012), según se indica en la siguiente ecuación:

$$H_{\gamma}O + CO_{\gamma} \leftrightarrow H^{+} + HCO_{z}^{-}$$
 (2)

Se han hecho estudios de codigestión con residuos ácidos para detener el aumento del pH. Concretamente, se demostró que la codigestión de estiércol con aguas residuales de suero de queso mantuvo el pH en un rango



Cultivo de microalgas en laboratorio.

óptimo durante todo el proceso de upgrading (Luo and Angelidaki, 2013a).

Un parámetro clave es la solubilización del H, en la fase líquida, ya que debe cruzar la interfaz entre el gas y la fase líquida para estar disponible para los microorganismos. La solubilidad acuosa de la mayoría de los gases es bastante baja, lo que limita la transferencia de masa gas-líquido y dificulta el rendimiento del biorreactor (Tirunehe y Norddahl, 2016). Por ello, el material y tipo de módulo que se utiliza para inyectar H₂, la aplicación de flujos de recirculación de gas y los diseños de reactores se consideran elementos fundamentales para obtener un adecuado upgrading del biogás in situ (Bassani et al., 2016).

Las técnicas de upgrading de biogás in situ, mediante la mejora de la metanogénesis hidrogenotrófica, incluida la inyección de hidrógeno, los métodos bioeléctricos y la suplementación de aditivos, se están desarrollando

rápidamente. No obstante, aún es necesario superar previamente ciertas limitaciones a su aplicación en plantas industriales (Zhang et al, 2020). Una tecnología emergente, la digestión anaerobia de alta presión (HPAD), ofrece altos rendimientos en CH₄ (un promedio del 87%) y está cerca de la aplicación a gran escala, en particular su combinación con la tecnología de adición de H₃, ya que la primera mejora el obstáculo del bajo nivel de solubilización del H, al que se enfrenta la segunda. Los sistemas bioelectroquímicos (BES),

de reciente aparición, muestran aún una baja eficiencia en producción de CH₄ y limitaciones en su aplicación a gran escala. Sin embargo, su combinación con la tecnología de adición de H, para formar el concepto Powerto-Gas es prometedora y su aplicación comercial podría estar ya disponible (www.electrochaea.com). En cuanto a las bacterias metanógenas hidrogenotróficas, son actores imprescindibles en todas las tecnologías de upgrading biológico de biogás (Zhao, 2021).

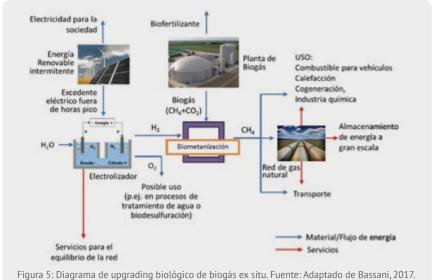
El concepto de mejora del biogás ex situ se basa en la provisión de CO₂ y H₂ de fuentes externas en un reactor anaeróbico que contiene un cultivo hidrogenotrófico (puro o enriquecido), para dar como resultado su conversión posterior en CH₄ (Kougias et al., 2017b). Este método tiene varias ventajas en comparación con el proceso in situ:

- a) Asegura la estabilidad del proceso de biogás convencional porque la mejora se produce en una unidad separada.
- b) El proceso bioquímico es más simple, ya que no hay degradación del sustrato orgánico (es decir, los pasos iniciales de la digestión anaeróbica, como la hidrólisis y la acidogénesis, no se realizan).
- c) Es un proceso independiente de la biomasa.
- d) se puede utilizar otra fuente externa de CO₃ residual (p. ej., gas de síntesis) haciendo que el proceso sea más
- e) mediante este proceso es factible suministrar energía a zonas rurales alejadas de la red centralizada (Angelidaki et al, 2018).

Varias publicaciones proponen diferentes conceptos novedosos para mejorar la eficiencia de la biometanización relacionados con la temperatura del proceso (Luo y Ange-



Power-to-gas es una de las tecnologías más prometedoras para el almacenamiento de energía renovable estacional.



lidaki, 2012), el tipo de reactor (Kougias et al., 2017b), la aplicación de recirculación de gas o mezcla de líquidos (Kougias et al., 2017b), cultivos hidrogenotróficos (Burkhardt et al., 2015), velocidad de agitación (Luo y Angelidaki, 2012) y dispositivos de difusión (Bassani et al., 2017). La Figura 5 muestra un diagrama de flujo de un *upgrading* biológico de biogás *ex situ*.

En general, para el avance de las tecnologías biológicas

de metanización de energía a gas a gran escala, se requiere un enfoque dedicado a la transferencia de masa gas-líquido del H₃, que, como se ha comentado, generalmente limita la conversión de H, en CH₄. Por ello, el diseño y la operación de procesos y reactores han sido objeto de mucha dedicación en la investigación en los últimos años; sin embargo, el desarrollo de la tecnología aún requiere una amplia investigación de diversas configuraciones de sistemas y condiciones operacionales.

El *upgrading* biológico del biogás es un proceso prometedor para ampliar la utilización del biometano y reducir así la dependencia de los combustibles fósiles.

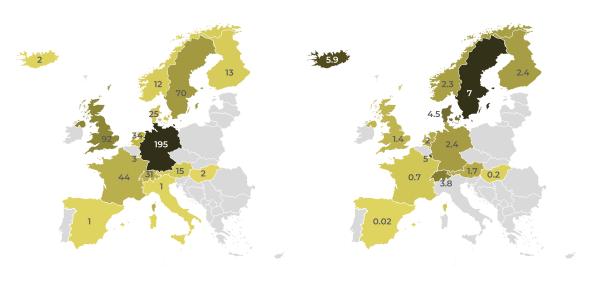


Figura 6: Número de plantas de biometano en países europeos (izquierda) y número por millón de habitantes (derecha). Fuente: EBA, 2018.

Por otra parte, como se ha descrito anteriormente, el proceso de digestión anaerobia implica una serie de reacciones complejas realizadas por diferentes comunidades microbianas (Figura 1), cuya composición y funcionalidad han sido objeto de investigación a lo largo del último siglo. Los primeros estudios utilizaron métodos y análisis basados en el cultivo *in vitro* para identificar los cuatro gremios citados (o grupos funcionales) de microorganismos. Desafortunadamente, solo una pequeña fracción del microbioma del biogás es susceptible de cultivo. Sin embargo, esta situación se ha superado en la última década mediante la aplicación de las tecnologías ómicas, a la microbiota productora de biogás, incluyendo la metataxonómica, la metagenómica, la metatranscriptómica,

la metaproteómica y la metabolómica (Lim et al., 2020), revelando la alta diversidad de microorganismos involucrados en la digestión anaerobia. El enriquecimiento en especies metanogénicas para los sistemas de producción de biogás asistidos por hidrógeno puede ayudar a optimizar la productividad microbiana, así como el desempeño de los procesos de DA mediante una estrategia de bioaumentación con cultivos puros (Zhang et al, 2020).

Se puede decir por tanto que el *upgrading* biológico del biogás es un proceso prometedor para ampliar la utilización del biometano y reducir así la dependencia de los combustibles fósiles, maximizando los beneficios medioambientales y económicos de las tecnologías de biogás.



Figura 7: Distribución de plantas por tipo de materia prima. Fuente GIE/EBA 2020

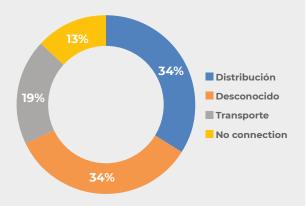


Figura 8: Distribución de las plantas europeas de biometano por tipo de conexión a red Fuente GIE/EBA 2020.

4. EL BIOMETANO EN EUROPA

La producción de biometano sigue creciendo de forma significativa. En 2019 aumentó en un 15 por ciento en relación con el año anterior, el mayor aumento en las plantas de biometano hasta la fecha. Desde las 187 plantas instaladas en 2011 se llegó a 540 plantas en 2017. La distribución europea por países es notablemente irregular, tal como se muestra en la Figura 6.

Su producción ha seguido creciendo y ya en 2020, había 729 plantas de biometano instaladas en Europa; de ellas, la tercera parte (232), solo en Alemania. Francia le sigue en importancia, con un gran crecimiento (131 plantas). Reino Unido, Suecia, Países Bajos y Dinamarca, presentan asimismo un elevado número de plantas (80, 70, 53 y 46, respectivamente) y altos ratios por millón de habitantes. España, sin embargo, cuenta tan sólo con 2 plantas y el ratio más bajo por habitante de la UE (GIE/EBA, 2020).

Cabe destacar la posición de Alemania y el importante crecimiento que ha tenido Francia, a través principalmente de plantas agrícolas, superando a países precursores como Reino Unido y Suecia. Francia lidera el desarrollo del mercado del biometano con más de 1.000 proyectos de inyección de biometano en diferentes etapas de desarrollo en el país. Europa ha experimentado un rápido aumento interanual de la capacidad de producción de bio-

metano y, hasta ahora, este crecimiento no muestra signos de desaceleración. La Figura 7 muestra la distribución de plantas en función del tipo de materia prima.

Como se ha comentado, el biometano puede inyectarse en la red de gas natural, comprimirse y transportarse, o utilizarse como alternativa al gas natural como combustible para vehículos. Además, se puede convertir nuevamente en electricidad transformando la red de gas natural en un vasto sistema de almacenamiento de energía. La Figura 8 muestra la distribución de las plantas de biometano existentes en Europa en función del tipo de conexión a red.

Finalmente, cabe destacar que el *upgrading* del biogás presenta dos ventajas clave, el desacoplamiento territorial y temporal de la generación y uso de energía, y la posibilidad de almacenamiento y transporte a gran escala. La combinación de estas características convierte al biometano en un portador de energía con un potencial excepcional, que podría convertirse en un elemento clave en el futuro sistema energético de base renovable.



Dra. Nely Carreras Investigadora del CIEMAT

REFERENCIAS

La Digestión

Anaeróbica se ha convertido en

una tecnología

esencial para lograr

simultáneamente la

gestión sostenible

de residuos y la

producción de

bioenergía.

- » Angelidaki I, Treu L, Tsapekos P, Luo G, Campanaro S, Wenzel H, Kougias PG. 2018. Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives. Biotechnol Adv. Mar-Apr;36(2):452-466. doi: 10.1016/j.biotechadv.2018.01.011.
- » Bassani, I. 2017. Hydrogen assisted biological biogas upgrading. Technical University of Denmark, DTU. Environment. https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/131633082/THESIS_ILBA_WWW_COVER.pdf
- » Bassani, I., Kougias, P.G., Angelidaki, I., 2016. In-situ biogas upgrading in thermophilic granular UASB reactor: key factors affecting the hydrogen mass transfer rate. Bioresour. Technol. 221, 485–491.
- » Bassani, I., Kougias, P.G., Treu, L., Porté, H., Campanaro, S., Angelidaki, I., 2017. Optimization of hydrogen dispersion in thermophilic up-flow reactors for ex situ biogas upgrading. Bioresour. Technol. 234, 310–319.
- » Burkhardt, M., Koschack, T., Busch, G., 2015. Biocatalytic methanation of hydrogen and carbon dioxide in an anaerobic three-phase system. Bioresour. Technol. 178, 330–333.
- » EBA Statistical Report (2018) https://www.europeanbiogas.eu/eba-statistical-re-port-2018/
- » EBA Statistical Report (2020) https://www.europeanbiogas.eu/eba-statistical-re-port-2020/
- » GIE/EBA 2020. The European Biomethane Map. https://www.europeanbiogas.eu/ wp-content/uploads/2020/06/GIE_EBA_BIO_2020_A0_FULL_FINAL.pdf
- » Guedes, A., Amaro, H.M., Malcata, F.X., 2011. Microalgae as sources of high added-value compounds—a brief review of recent work. Biotechnol. Prog. 27, 597–613
- » Luo, G., Angelidaki, I., 2012. Integrated biogas upgrading and hydrogen utilization in an anaerobic reactor containing enriched hydrogenotrophic methanogenic culture. Biotechnol. Bioeng. 109, 2729–2736.
- » Luo, G., Johansson, S., Boe, K., Xie, L., Zhou, Q., Angelidaki, I., 2012. Simultaneous

- hydrogen utilization and in situ biogas upgrading in an anaerobic reactor. Biotechnol. Bioeng. 109,1088-1094
- » Luo, G., Angelidaki, I., 2013a. Co-digestion of manure and whey for in situ biogas upgrading by the addition of H2: process performance and microbial insights. Appl. Microbiol. Biotechnol. 97, 1373–1381.
- » Meier, L., Pérez, R., Azócar, L., Rivas, M., Jeison, D., 2015. Photosynthetic CO2 uptake by microalgae: an attractive tool for biogas upgrading. Biomass Bioenergy 73, 102–109.
- » Mussgnug, J.H., Klassen, V., Schlüter, A., Kruse, O., 2010. Microalgae as substrates for fermentative biogas production in a combined biorefinery concept. J. Biotechnol. 150. 51–56.
- » Pavlostathis, S.G. y Giraldo-Gómez, E. (1991). Kinetics of anaerobic treatment: a critical review. Critical reviews in environmental control. Vol. 21 (5,6), pág. 411-490
- » Sun, Q., Li, H., Yan, J., Liu, L., Yu, Z., Yu, X., 2015. Selection of appropriate biogas upgrading technology-a review of biogas cleaning, upgrading and utilisation. Renew. Sust. Energ. Rev. 51, 521–532.
- » Tirunehe, G., Norddahl, B., 2016. The influence of polymeric membrane gas spargers on hydrodynamics and mass transfer in bubble column bioreactors. Bioprocess Biosyst. Eng. 39, 613–626.
- » Wang, W., Xie, L., Luo, G., Zhou, Q., Angelidaki, I., 2013. Performance and microbial community analysis of the anaerobic reactor with coke oven gas biomethanation and in situ biogas upgrading. Bioresour. Technol. 146, 234–239.
- » Zhao, J., Li, Y., Dongb, R. 2021. Recent progress towards in-situ biogas upgrading technologies, Science of The Total Environment, Vol. 800, 149667, ISSN 0048-9697. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149667.
- » Zhang, L., Kuroki, A. and Tong, Y.W. 2020. A Mini-Review on In situ Biogas Upgrading Technologies via Enhanced Hydrogenotrophic Methanogenesis to Improve the Quality of Biogas From Anaerobic Digesters. Front. Energy Res. https://doi. org/10.3389/fenrg.2020.00069.
- » Lim, J. W., Park, T., Tong, Y.W., Yu, Z., 2020. The microbiome driving anaerobic digestion and microbial análisis. Advances in Bioenergy, Volume 5, 1-60.



La extracción de ADN a partir de muestras ambientales es particularmente complicada debido a la presencia de numerosos inhibidores de la reacción de PCR.

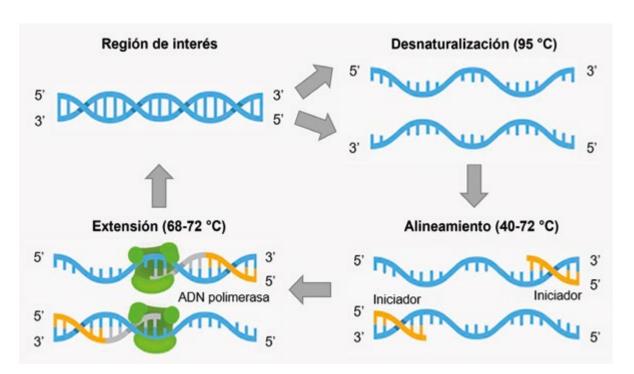




Figura 1. Fases de la reacción de PCR.



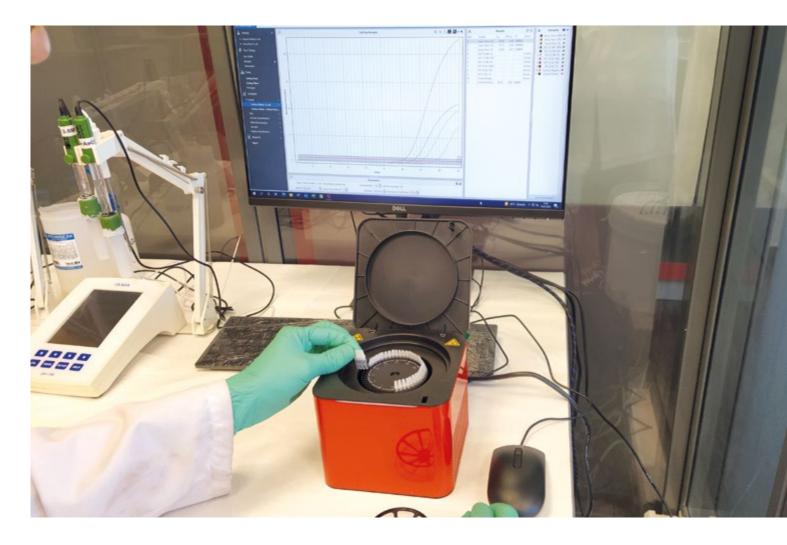
La PCR es, sin lugar a duda, la técnica más importante y revolucionaria en el campo de la genética y de la biología molecular y su impacto ha sido tal que Kary Mullis fue galardonado con el premio Nobel de Química en 1993. Hoy en día es una técnica muy común y versátil teniendo innumerables aplicaciones en el análisis genético en campos tan variados como la medicina, las autopsias, las investigaciones forenses, la arqueología u otro tipo de investigaciones básicas en biología molecular.

En la PCR se simula en un vial lo que ocurre durante la replicación celular en la que una enzima, la ADN polimerasa, actúa para sintetizar dos nuevas hebras de ADN a partir de otra que funciona como molde. Un paso fundamental en el diseño experimental es la elección de los iniciadores (primers en inglés). Los iniciadores son oligonucleótidos (pequeños fragmentos de ADN) sintetizados artificialmente con un tamaño de 20-30 pares de bases que son elegidos durante el diseño experimental de forma que delimiten el fragmento de ADN a ser amplificado. Estos iniciadores se caracterizan por ser altamente específicos, amplificando únicamente la región de interés. Así, para cada fragmento de ADN que se quiere amplificar es

necesario un par de iniciadores: uno complementario al extremo 5' de una cadena de ADN y el otro complementario al extremo 3' de la otra cadena (Figura 1). Además de seleccionar el fragmento a ser amplificado, los iniciadores son el punto de partida a partir del cual la ADN polimerasa iniciará la síntesis de nuevas cadenas.

Antes de realizar la reacción de PCR es necesario obtener el ADN de las muestras a analizar. Se puede extraer ADN de cualquier muestra que contenga material biológico: sangre, saliva, suelo, agua, etc, siendo el paso crítico para obtener muestras de suficiente calidad para su posterior análisis por PCR. La extracción de ADN a partir de muestras ambientales es particularmente complicada debido a la presencia de numerosos inhibidores de la reacción de PCR, como los ácidos húmicos y fúlvicos, así como otras sustancias orgánicas, iones metálicos o impurezas químicas que precipitan junto con el ADN (Desai *et al.*, 2010).

La reacción de PCR se realiza en **equipos denominados termocicladores que someten las muestras a diferentes temperaturas** correspondiendo a tres fases de la reacción: desnaturalización, alineamiento y extensión (Figura 1).



Así, la reacción de PCR se inicia con la desnaturalización en la que la doble hélice del ADN extraído es separada mediante el calentamiento a una temperatura elevada (95 °C), produciéndose cadenas simples que quedan como molde para la síntesis de nuevas cadenas de ADN complementarias. Una vez separadas las cadenas, se baja la temperatura hasta 40-72 °C lo que permite el alineamiento y la unión específica de los iniciadores en los puntos correspondientes de las cadenas de ADN. Finalmente tiene lugar la extensión a 68-72 °C en la que la enzima ADN polimerasa sintetiza las nuevas cadenas a partir de los iniciadores teniendo como molde las cadenas simples. Estos tres pasos de la reacción corresponden a un ciclo y son repetidos sucesivamente hasta completar alrededor de 30 ciclos. Los fragmentos amplificados aumentan su concentración de forma exponencial ya que cada nueva copia sirve de molde en los ciclos consecutivos, obteniéndose de esta forma millones de copias del fragmento de ADN de interés. En caso de ausencia de detección del producto amplificado y excluida la hipótesis a través de un control positivo de un fallo de la reacción por la presencia de inhibidores o deficiencia en algún reactivo, se puede concluir que la muestra no contiene la región de ADN de interés.

La detección de la presencia/ausencia de fragmentos de ADN es una herramienta clave permitiendo, por ejemplo, confirmar la existencia de ciertas especies de microorganismos como patógenos para la salud humana o como los microorganismos responsables de la degradación de algún compuesto contaminante. De esta forma, es posible identificar ciertos patógenos peligrosos o evaluar la efectividad de una microbiota en los procesos de biorremediación.

La PCR cuantitativa (qPCR de *quantitative PCR* en inglés) o PCR en tiempo real es una técnica que combi-

La técnica qPCR permite visualizar la reacción en tiempo real y, cuantificar con precisión el ADN de interés presente en la muestra.

na la amplificación de ADN y su detección en un mismo paso, al correlacionar el producto de PCR amplificado en cada uno de los ciclos con una señal de fluorescencia. Esta técnica permite visualizar la reacción en tiempo real y, cuantificar con precisión el ADN de interés presente en la muestra.

La reacción de qPCR se realiza en un termociclador que incluye una unidad óptica capaz de detectar señales de fluorescencia (fluorómetro). El sistema fluorométrico consiste en una fuente de energía que excita los fluoróforos (grupos funcionales de una molécula que hacen que ésta sea fluorescente) a una determinada longitud de onda de excitación y un sistema de detección que permite medir la señal emitida a una cierta longitud de onda de emisión.

El 50% de las técnicas propuestas para recuperar emplazamientos contaminados a nivel mundial pertenecen al área de la biorremediación.

Ct

Cycle Threshold, es el parámetro más importante en la cuantificación del ADN De esta forma, la reacción de qPCR sigue el mismo proceso de una reacción de PCR normal sucediéndose ciclos de desnaturalización, alineamiento y extensión. Sin embargo, a medida que se van amplificando los fragmentos de ADN, el compuesto fluoróforo se va uniendo y activando, aumentando la señal de fluorescencia emitida.

En el análisis de los datos, el valor Ct (cycle threshold en inglés) es el parámetro más importante en la cuantificación de ADN por qPCR. El valor Ct es el número de ciclos necesarios para que se produzca un aumento de fluorescencia significativo con respecto a la señal base, o sea, es cuando la señal de fluorescencia pasa un cierto umbral (Figura 2). Este parámetro es inversamente proporcional a la cantidad inicial del ADN de interés, ya que cuanto mayor sea la cantidad de ADN presente en una muestra, menor será el número de ciclos (valor Ct) que se requiere para alcanzar el umbral. De esta forma, a partir del valor Ct se puede cuantificar la cantidad de ADN.

El análisis de la presencia y abundancia de ADN por qPCR es un análisis sensible. Es necesario contar con un diseño experimental previo que optimice la generación de datos y análisis de resultados, incluyendo todos los controles necesarios para asegurar la especificidad de los productos de amplificación, así como llevar a cabo triplicados para certificar la reproducibilidad de los resultados.

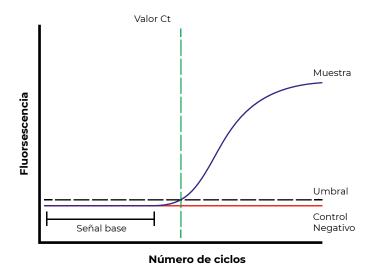
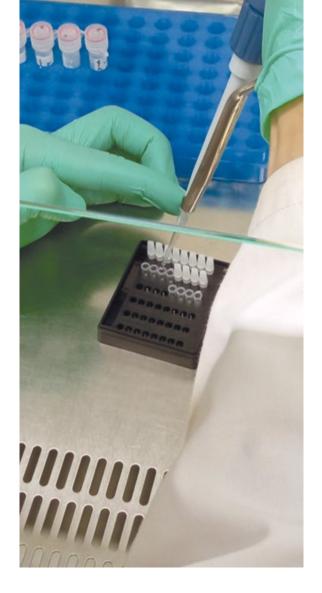


Figura 2. Determinación del valor Ct durante el análisis de los resultados de qPCR.



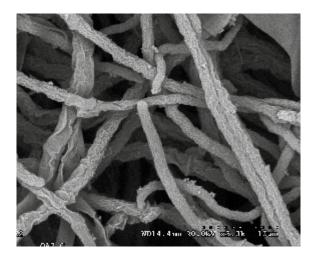
QPCR APLICADA EN BIORREMEDIACIÓN

La recuperación de suelos y aguas contaminados utilizando microorganismos tiene hoy en día una gran aceptación al ser una estrategia sostenible a nivel técnico-económico y ambiental. Es por ello que, a día de hoy, el 50% de las técnicas propuestas para recuperar emplazamientos contaminados a nivel mundial pertenecen al área de la biorremediación.

Los métodos moleculares como la PCR y qPCR ofrecen la posibilidad de conocer la diversidad de la población microbiana y sus distintas capacidades metabólicas durante los procesos de biodegradación, haciendo posible la identificación de los microorganismos predominantes y activamente involucrados en la biorremediación de diversos contaminantes (Morelli et al., 2015).

La utilización de la técnica de qPCR en proyectos de biorremediación proporciona información precisa tanto para la fase de diseño y planteamiento de la estrategia de remediación como para la fase de seguimiento del proceso de recuperación del emplazamiento contaminado.

En este contexto, la qPCR permite verificar la existencia y cantidad suficiente de poblaciones específicas de microorganismos que son responsables de la degradación del contaminante objetivo, así como cuantificar los genes que producen las enzimas que son clave en la ruta me-





tabólica de degradación de dicho contaminante. En base a esta información, se decidirá la necesidad de aplicar un tratamiento de bioestimulación o bioaumentación con el fin de desarrollar con éxito el proceso de remediación.

Antes de empezar a escala real el proceso de biorremediación es necesario un **estudio previo de microcosmos** para determinar la viabilidad y efectividad de las opcio-

nes de tratamiento planteadas bajo las condiciones existentes en el emplazamiento. Este estudio permite verificar si tiene lugar una degradación efectiva del contaminante y descartar posibles inhibiciones de los microorganismos involucrados en el proceso debido a la naturaleza y composición de la matriz donde ha tenido lugar la contaminación. La aplicación de la técnica qPCR durante el ensayo de microcosmos permite monitorizar la evolución de la comunidad microbiana y de los genes productores de enzimas implicadas en la ruta metabólica del contaminante.

La técnica qPCR permite cuantificar el número de copias de las especies clave involucradas en los distintos pasos de la ruta metabólica

Así, durante el proceso de biorremediación se puede monitorizar mediante esta técnica las poblaciones y los genes involucrados en la degradación del contaminante. Su



evolución indicará si el tratamiento está funcionando correctamente o si se está produciendo alguna limitación en algún paso crítico de la ruta metabólica que, una vez identificado, puede ser abordado y resuelto rápidamente maximizando la tasa de eliminación del contaminante.

El seguimiento de especies concretas durante un proceso de degradación tiene una importancia clave en aquellas rutas metabólicas en las que la degradación de uno de los contaminantes parentales o intermediarios se lleva a cabo ex-

clusivamente por una única especie de microorganismo. La ausencia de dicha especie daría lugar por tanto a la acumulación de ese producto intermedio y por tanto al bloqueo en la mineralización completa del contaminan-

Dhb: Dehalococcoides

Dhc: Dehalobacter

Otro: Desulfitobacterium, Sulforospirillum, Geobacter

Tóxico y cancerígeno

Figura 3. Ruta metabólica durante la biodegradación del percloroetileno hasta etileno.

Dehalococcoides

Es un género de bacterias dentro de la que obtiene energía a través de la oxidación de hidrógeno y la posterior deshalogenación reductora de compuestos orgánicos halogenados en un modo de respiración anaeróbica llamada respiración organohaluro.

te hasta productos inocuos. Un ejemplo claro de este escenario se da durante la biodegradación anaerobia de compuestos clorados. En este proceso están involucradas varias especies microbianas que transforman sucesivamente el percloroetileno (PCE) en tricloroetileno (TCE), el TCE en cis-1,2-dicloroetileno (cis-DCE), después en cloruro de vinilo (VC del inglés vinyl chloride) y, finalmente, en etileno (Figura 3). El compuesto VC es aún más tóxico que el PCE y TCE, así que evitar la acumulación de este producto intermedio en la ruta de degradación es de vital importancia para no aumentar la toxicidad asociada a la presencia de compuestos clorados en el emplazamiento. Este paso es crítico ya que solo las especies pertenecientes a los géneros Dehalococcoides cuentan con las enzimas necesarias para llevar a cabo la transformación completa de VC en etileno (Lee et al., 2008, Manchester et al., 2012).

De esta manera, la técnica qPCR representa una herramienta fundamental en la descontaminación de compuestos clorados ya que permite cuantificar el número de copias de las especies clave involucradas en los distintos pasos de la ruta metabólica y monitorizar si se produce un crecimiento de su población para asegurar la degradación completa del PCE hasta el etileno.

Por tanto, la técnica qPCR es una herramienta que aporta una valiosa información sobre la comunidad microbiana y su capacidad metabólica. Su aplicación durante el diseño y el seguimiento del tratamiento microbiológico permite detectar desviaciones que pueden ser corregidas de forma rápida, contribuyendo así al éxito de la biorremediación.

Dr. Jorge Diamantino Microbiólogo KEPLER, S.L., INGENIERÍA Y ECOGESTIÓN



BIBLIOGRAFÍA

- » Bartlett, J., D. Stirling (2003) A Short History of the Polymerase Chain Reaction, Methods in Molecular Biology, 226, pp. 3-6.
- » Desai, C., H. Pathak, D. Madamwar (2010) Advances in Molecular and "-Omics" Technologies to Gauge Microbial Communities and Bioremediation at Xenobiotic/Anthropogen Contaminated Sites, Bioresource Technology, 101(6), pp. 1558-1569.
- » Lee, P. K., T. W. Macbeth, K. S. Sorenson, Jr., R. A. Deeb, L. Alvarez-Cohen (2008) Quantifying Genes and Transcripts to Assess the In Situ Physiology of "Dehalococcoides" spp. in a Trichloroethene-Contaminated Groundwater Site, Applied and Environmental Microbiology, 74(9), pp. 2728-2739.
- » Manchester, M.J., L. A. Hug, M. Zarek, A. Zila, E. A. Edwards (2012) Discovery of a trans-Dichloroethene-Respiring Dehalogenimonas Species in the 1,1,2,2-Tetrachloroethane-Dechlorinating WBC-2 Consortium, Applied and Environmental Microbiology, 78(15), pp. 5280-5287.
- » Morelli. I. S., B. M. Coppotelli, L. Madueño, M. T. Del Panno (2015) La Biorremediación en la Era Post-Genómica, Revista Química Viva, 1(14), pp. 26-35.



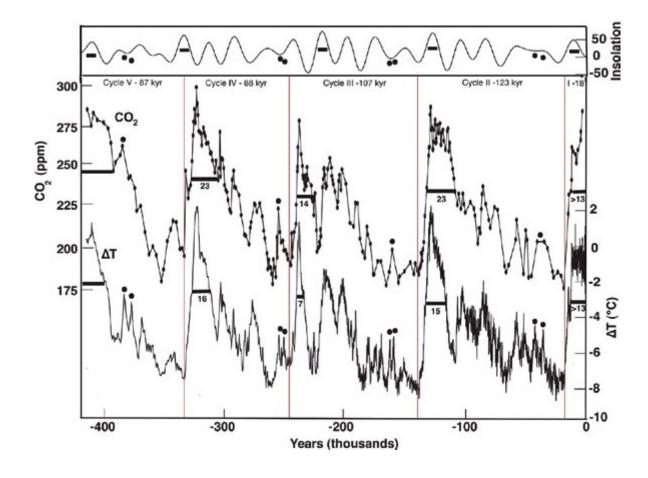


Figura 1: Ciclos de variación de la temperatura (ΔT), de la concentración de CO, en la atmosfera comparado con los ciclos de insolación de Milankovitch 1 en 5 ciclos glaciales – interglaciales de los últimos 423 mil años.

El mencionado artículo se centra en múltiples observaciones que evidencian un cambio climático iniciado hace décadas. Todos ellas centradas en demostrar un paulatino aumento de la temperatura media de la superficie de la tierra y que este aumento de temperatura va aparejado por un incremento de la concentración de dióxido de

carbono y otros gases de efecto invernadero (GEI). Existe una clara relación entre ambos y cierto es que en los últimos 500.000 años, la concentración en la atmósfera nunca alcanzó valores tan altos como en los últimos años. La opinión mayoritaria da por hecho que el aumento de los GEI's es el desencadenante del aumento de la temperatura de la superficie terrestre.

La opinión mayoritaria da por hecho que el aumento de los GEI's es el desencadenante del aumento de la temperatura de la superficie terrestre.

Se puede decir que la Ciencia Moderna del Clima ha sido creada en 1903 por el físico noruego Vilhelm Bjerknes con la creación de una Meteorología Dinámica². Ha sido el primero que ha intentado describir y modelizar los complejos procesos de esta disciplina mediante un enredado sistema de siete ecuaciones diferenciales parciales no lineales. Estos modelos han experimentado una evolución que en los últimos 70 años va de la mano con la

evolución de la capacidad de cálculo de los ordenadores. Sin embargo, al mismo tiempo se ha dejado de investigar los procesos físicos básicos del clima.

En su publicación Pascal Richet¹ se pregunta si los datos climatológicos históricos de los últimos 423 mil años

> permiten deducir que el aumento de la concentración del dióxido de carbono (v del metano) puede haber sido un/o el desencadenante del aumento de la temperatura en la superficie de la tierra. Para ello ha estudiado la conexión entre ésta última y la concentración de dióxido de carbono y metano en la atmósfera, analizando la evolución de

estos tres parámetros en los pasados 423 mil años. Además de analizar los datos experimentales disponibles recurre a una interesante examinación epistemológica.

Del análisis geoguímico de los testigos de hielo de hasta 3.200 m de profundidad obtenidos en la estación Vostok, en el antártico, se ha determinado tanto la evolución de la temperatura del antártico como la concentración de CO, y CH, a lo largo de 423 mil años cubriendo 5 ciclos glaciales e interglaciales.

GEI,s Los principales

gases de efecto invernadero son el vapor de agua (H₃O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (Oz).

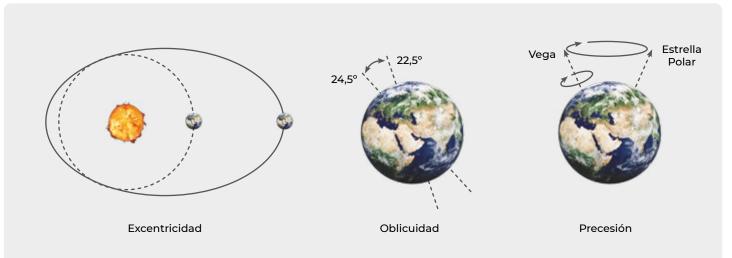


Figura 2: Las tres principales variaciones orbitales. Excentricidad: cambios en la forma de la órbita terrestre. Oblicuidad: cambios en la inclinación del eje rotacional de la Tierra. Precesión: oscilación en el eje rotacional.

El análisis temporal de los ciclos de intensidad de la insolación de la tierra en este largo periodo de tiempo permite establecer una relación entre insolación, temperatura y concentración de CO₂. Estos ciclos se denominan con el nombre del matemático, astrónomo, geofísico e ingeniero civil serbio Milutin Milankovitch (1879-1958) quien estudió en profundidad la relación de los ciclos glaciales e interglaciales en función de estos parámetros y sus variaciones cíclicas. Milankovitch encontró que estos cambios cíclicos en la intensidad de la insolación de la tierra se corresponden a fenómenos astronómicos, en concreto los cambios orbitales causados por la excentricidad, oblicuidad y la oscilación en el eje de rotación (precesión).

Analizando estos ciclos (Figura 1) se encuentra:

- **1°)** Que los picos de temperatura son en miles de años más estrechos que los de CO₃.
- **2°)** Que los picos de CO₂ tienen un retardo respecto a los de la temperatura de 1,3 ± 1,0 mil años.
- **3°)** Que los picos grandes están controlados por las variaciones en la insolación debido a los mencionados ciclos astronómicos.

Asumiendo que las variaciones en la temperatura sean causadas por las variaciones en la concentración de $\mathrm{CO_2}$ en la atmosfera, uno se enfrenta a contradictorias observaciones en las que, aunque la concentración de $\mathrm{CO_2}$ sigua alta, la temperatura ha empezado a bajar miles de años antes o que en el mismo periodo de tiempo de un pico de $\mathrm{CO_2}$ haya dos picos en la temperatura (puntos señalados en la Figura 1).

El cambio en la temperatura induce un cambio en la concentración de especies químicas en la atmosfera. En el caso del CO₂, su concentración en la atmósfera experimenta un incremento cuando la temperatura aumenta debido a que su solubilidad en el agua del mar disminuye. A este respecto hay que tener en cuenta que la cantidad de CO₂ que se almacena en la atmosfera es solo una pequeña fracción de la de los océanos.

El trabajo realizado por Pascal Richet y otros autoPascal Richet y otros autores, no ponen en duda la existencia de un cambio climático, únicamente cuestiona seriamente que sea desencadenado por efectos antropogénicos.

El trabajo realizado por

res a los que éste se refiere no ponen en duda la existencia de un cambio climático, únicamente cuestiona seriamente que sea desencadenado por efectos antropogénicos. Los datos obtenidos de los sondeos en el hielo de la estación de Vostok demuestran que no existe evidencia física de que el aumento de la concentración de CO₂ en la atmosfera pueda haber causado un aumento significativo de la temperatura media de la superficie de la tierra, contradiciendo los resultados obtenidos de los extraordinariamente complejos modelos matemáticos de simulación del clima.

El valor de un modelo se mide en función de su capacidad de replicar los experimentos y de poder hacer predicciones. Existen pocas teorías que hayan sido ampliamente aceptadas por la comunidad científica sin que hayan podido ser validadas por el experimento. Transcurrieron muchos años hasta que esto se pudiera hacer con la Teoría General de la Relatividad. Al reprochar a Einstein esta inaceptable carencia él respondió que su Teoría es tan bella que ello es suficiente, siendo realmente cierto que es una de las teorías más bellas que el hombre nunca ha creado.



Los océanos son el principal almecén de Dióxido de Carbono.

KPI

Key Performance Indicator. Conocido también como indicador clave o medidor de desempeño.

Pascal Richet

Es un geofísico e investigador de mineralogía, reología y geoquímica entre otros. Hoy en día, un científico es alquien que sabe todo de una parte insignificante del conocimiento universal en cambio no tiene visión global. La doctrina consiste en elaborar muchas publicaciones sobre esta parte insignificante del gran mar de conocimiento. Si se hubiese desarrollado el ideal del hombre renacentista, un científico debería ser una persona que disponga de unos conocimientos y experiencias equilibrados entre las distintas ramas del saber y del hacer, entre teología, filosofía, historia, justicia, economía, medicina, farmacología, agricultura "la madre de todas las culturas", psicología, lenguas, matemática, astronomía, física, química, biología, ingeniería civil, industrial, y "last but not least" el arte y la literatura. Sería imprescindible añadir habilidades manuales para poder mantener una equilibrada actividad neuronal de acuerdo con la famosa regla de San Benito "Ora y Labora". A mi juicio y por mi experiencia, muy poco puede comprenderse y hacerse sin profundos conocimientos en otras diciplinas. Un sencillo ejemplo: no pueden comprenderse las mareas sin conocimientos de astronomía. La especialización cada

vez mayor nos ha llevado a una enorme falta de interconexión del Saber. Una sociedad compuesta únicamente por especialistas lleva a la sinrazón y a la decadencia.

En los complejos modelos de cambio climático, con un gran número de variables, muchas de ellas complejas funciones de otras variables, el cálculo de la propagación de los errores se vuelve demasiado inseguro o imposible. Los científicos de hoy en día, muy especializados en sus respectivas disciplinas, raras veces se interesan por la epistemología como lo hace Richet, cuando recurre, entre otras reflexiones filosóficas, al "principio de no contradicción" de Aristóteles, es decir que el modelo no debe contradecir a la observación y al experimento.

A mi juicio las llamadas emisiones de Gases de Efecto Invernadero sirven como un buen KPI de la gestión medioambientalmente sostenible más que como parámetro para medir la influencia de la humanidad en el clima global.



El dióxido de carbono atmosférico medido en el Observatorio de referencia atmosférica Mauna Loa de la NOAA alcanzó en mayo de 2021 un promedio mensual de 419 partes por millón (ppm).

Norbert Nägele Director Gerente KEPLER, INGIENIERÍA Y ECOGESTIÓN, S.L. Grupo Empresarial AUNARA

REFERENCIAS

- ¹ "The temperature CO₂ climate connection: an epistemological reappraisal of ice-core messages" Pascal Richet. Institut de Physique du Globe de Paris. History of Geo- and Space Sciences, 12, 97-110, 2021
- Physik Journal 7, Julio 2021 Geschichte der Klimaforschung. – Prof. Dr. Matthias Heymann

La innovación como sello de identidad corporativo en KEPLER

Aunque España se encuentra lejos de la inversión media en I+D+i en Europa (2,07 % frente a nuestro 1,25%¹ antes de la crisis sanitaria), la combinación de eficiencia e innovación se está erigiendo como clave estratégica para explotar el negocio actual a la vez que se exploran nuevos nichos de mercado.

En este contexto, el plan estratégico de KEPLER como empresa ambidiestra, está íntimamente ligado a la cultura de la innovación, destacando por mantener una inversión anual en I+D+i en torno al 12% de la facturación total. La finalidad de este escenario es principalmente (i) obtener un conocimiento profundo de todos los factores que afectan a la viabilidad de las soluciones ambientales ofertadas, dando como resultado productos y servicios de calidad y sostenibles a nivel técnico-económico, (ii) mantener una elevada capacidad de adaptación a las necesidades de los clientes y (iii) colaborar con Universidades y Centros tecnológicos que aportan un conocimiento y experiencia que pueden fructificar en nuevas líneas de negocio. Así mismo, dichas instituciones encuentran en esta sinergia la oportunidad de implementar y evaluar técnicas embrionarias, desarrolladas hasta el momento a escala laboratorio, en escenarios reales a través de los proyectos que desarrolla KEPLER.

Con el fin de sostener en el tiempo la confianza y el compromiso de todo el equipo, proveedores y clientes con una cultura de la innovación corporativa, KEPLER dispone del apoyo de la dirección, que transmite la ilusión y continua predisposición a **emprender**

nuevos proyectos en toda la organización que aporten valor y mantengan el saber hacer de la compañía a la vanguardia de la técnica en el sector. Así mismo, su equipo multidisciplinar, con experiencia y creativo aporta cada día su talento y motivación

para sustentar la capacidad competitiva de la empresa e impulsar la generación de nuevo conocimiento y oportunidades.

En 2019, desde el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, KEPLER **recibió el**



sello Pyme Innovadora, una certificación reservada a empresas que llevan a cabo actividades en el ámbito de la I+D+i y que permite

KEPLER mantiene

una inversión anual en

I+D+i en torno al 12%

de la facturación total

a los beneficiarios obtener bonificaciones fiscales. De las 2.910.160² Pymes activas en España en junio de 2021, sólo un 0,15%³, cuentan con el sello Pyme Innovadora, sumando un total de 176³ en Castilla y León.

En 2020, el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo reconoció a KEPLER como **empresa de interés estratégico** dentro del marco de la aplicación de la Ley 14/2013 de apoyo a los emprendedores y su internacionalización. Dicha resolución se basa en la consideración de

un alto valor añadido de los servicios biotecnológicos y de I+D+i que ofrece la empresa, y tiene como objetivo facilitar la incorporación a su plantilla de profesionales altamente cualificados que se encuentran fuera de España.

Ambos reconocimientos, ponen de manifiesto el carácter innovador de KEPLER, resaltando el esfuerzo (intelectual y económico) y la dedicación que supone engranar la innovación en la estructura organizativa de la empresa de forma continua y transversal.

- 1: Fuente: INE, www.epdata.es
- 2: Fuente: https://industria.gob.es/es-es/estadisticas/ Cifras_PYME/CifrasPYME-junio2021.pdf
- 3: Fuente: https://sede.micinn.gob.es/pyiINFO/bus-carPyi.mec

I+D+i: Proyecto CDTI 2019-2022

Los hongos como aliados en la lucha contra la ubicuidad de los antibióticos



España sigue

encabezando la

Cerca de cumplir el siglo desde la gran invención de Alexander Fleming, la sociedad se enfrenta hoy en día a un grave problema: la resistencia a los antibióticos de las bacterias con las que convive a diario.

de los residuos ganaderos dan lugar a la contaminación del suelo y el agua subterránea debido a la formación de lixiviados que permean a través del terreno hasta alcanzar el acuífero.

A pesar de que en nuestro país se ha reducido el consumo de antibióticos en los últimos años (un 7% en humanos y un 14% en el ámbito veterinario) según datos del Plan Nacional frente a la Resistencia a los Antibióticos (PRAN) aprobado en 2014, España sigue encabezando la lista

lista de países de la Unión Europea la Unión Europea en consumo de en 2014, España si-

de países de la Unión Europea, con 3.000 t/año de antibióticos consumidas de las 12.000 t/año registradas en toda la UE^1 .

La prescripción inadecuada y excesiva de estos medicamentos en el sector sanitario y veterinario ha provocado que tanto la población como los ganados se encuentren expuestos a bajas dosis de antibióticos de forma constante. Este hecho da lugar a la aparición de bacterias resistentes, que causan, según datos de la Comisión Europea, decenas de miles de muertes al año en la UE1.

Una vez en nuestro organismo, los antibióticos pasan al agua a través de las heces. Éstos persisten al tratamiento que se aplica en las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales por lo que se dispersan fácilmente en el suelo y productos agrícolas que se cultivan en él a través del agua de riego. Así mismo, la acumulación y aplicación incontrolada al campo

En este contexto y con el fin de investigar nuevas biotecnologías capaces de atenuar este problema KEPLER está ejecutando actualmente el proyecto de I+D "Desarrollo de nuevos tratamientos biotecnológicos en el aprovechamiento de residuos agroalimentarios y la recuperación

de suelos y aguas contaminados con compuestos orgánicos".

Este proyecto tiene como principal objetivo evaluar el potencial de los hongos en simbiosis con determinados consorcios bacterianos durante la valorización de residuos agroalimentarios en forma de biogás en el proceso de digestión anaerobia, así como durante la recuperación de suelos y aguas contaminados con compuestos orgánicos y antibióticos.

KEPLER cuenta con la colaboración de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) y el Centro Tecnológico de San Sebastián (CEIT-IK4) para abordar este reto tecnológico que pretende contribuir a mitigar esta amenaza para la salud pública y ambiental a la que actualmente nos enfrentamos.

1: Fuente: Plan Nacional de Resistencia a antibióticos, www.resistenciaantibioticos.es

Participación en Congresos y Cursos

Patrocinadores y ponentes en el XLIII Curso de Verano de Ciencias de la Tierra de la UAM

El pasado 6, 7 y 8 de julio KEPLER tuvo el placer de formar parte como patrocinador y ponente en el Curso de Verano de Ciencias de la Tierra organizado cada año por el departamento de Geología y Geoquímica de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM). Este curso fue creado en 1978 y auspiciado durante décadas por la UNESCO. Esta edición se ha retomado bajo nuevo formato y dirección con el objetivo de dar visibilidad a la gran problemática de los suelos contaminados y acercar su recuperación a la sociedad.

Durante el curso, **Norbert Nägele** explicó un ejemplo de **cálculos heurísticos clave** a considerar antes de proceder al diseño de una estrategia de descontaminación, seguido de la presentación de un proyecto de descontaminación de suelo y agua subterránea contaminada con gasóleo y gasolina en un entorno geológico especialmente complicado.

La **Dra. Cynthia Alcántara** habló de los fundamentos de la técnica y varios casos prácticos en el contexto del **tratamiento microbiológico de suelos y las aguas subterráneas** asociadas, haciendo especial hincapié en la importancia de la monitorización de la actividad microbiológica como parámetro clave para asegurar el éxito en los procesos de biorremediación.

Finalmente, Alberto Salguero habló por un lado de las diferentes técnicas de obra civil utilizadas en proyectos de descontaminación y sus singularidades, y por otro lado, hizo un breve repaso de diferentes tecnologías de tratamientos térmicos de matrices contaminadas por compuestos orgánicos, remarcando las sinergias que pueden tener estos tratamientos con tratamientos físicos para proyectos de remediación integrales.

KEPLER consigue un nuevo proyecto dentro del programa life de la unión europea: LIFE MySOIL: "A step further in bioremediation: mycoremediation for soil recovery"

Como cada año, KEPLER participa en distintas convocatorias con el fin de desarrollar a través de su Departamento de I+D+i nuevas líneas de investigación que finalmente fructifiquen en productos y servicios innovadores, de calidad y sostenibles para sus clientes.

En Europa se estima la existencia de 2,8 millones de emplazamientos potencialmente contaminados que requieren investigaciones detalladas del suelo, de los cuales se prevé que alrededor del 35% estén afectados por hidrocarburos totales del petróleo (TPHs)1. En el caso de TPHs de cadena larga, las técnicas de biorremediación actuales se ven limitadas debido a la dificultad para los microorganismos de romper estas moléculas en monómeros más sencillos que puedan ser incorporados a su material celular y finalmente mineralizados. En este contexto, el potencial de los hongos para degradar moléculas más complejas gracias a la acción de sus sistemas enzimáticos intra y extracelulares hace de la micorremediación una biotecnología muy prometedora para aumentar el número de contaminantes a tratar mediante soluciones biológicas.

Con el fin de incorporar nuevas biotecnologías a nuestro portfolio de servicios medioambientales, a principios de año se estableció un consorcio formado por el Centro

Tecnológico de Cataluña EURECAT (coordinador), la Universidad Autónoma de Madrid, la Universidad Tuscia, y las empresas ISODETECT, NOVOBIOM, VALGO, ENI REWIND y KEPLER para solicitar el Proyecto LIFE MySOIL: "A step further in bioremediation: mycoremediation for soil recovery" (LIFE20 ENV/ES/000416). Dicho proyecto, con un importe total de 2.937.155 € y una duración de 3 años, ha sido aprobado por la Comisión Europea el pasado 1 de septiembre de 2021 y tiene como

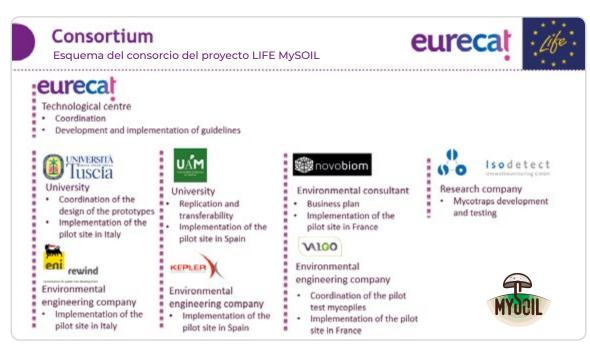


Estrategia de bioaumentación fúngica en micopilas en el proyecto LIFE MySOIL

El potencial de los hongos para degradar moléculas más complejas, hace de la micorremediación una biotecnología muy prometedora objetivo principal evaluar el potencial de la micorremediación en la descontaminación de suelos contaminados con TPHs mediante biopilas estáticas con el fin de identificar los factores clave que determinan la viabilidad del proceso y validar la sostenibilidad a nivel técnico-económico de esta biotecnolo-

gía. En total se evaluarán 3 emplazamientos piloto ubicados en España, Francia e Italia, respectivamente. CEPSA participa en dicho proyecto como *stakeholder* aportando el emplazamiento donde diseñar e implementar las biopilas en España. Así mismo, el Centro Tecnológico de Investigación del Champiñón (CTICH) aportará el sustrato postcultivo para el desarrollo de las especies fúngicas a utilizar en el proyecto.

» 1: Special Report 12/2021: The Polluter Pays Principle



KEPLER obtiene su patente "Proceso y planta de tratamiento microbiológico de contaminantes bifenilo y óxido de difenilo procedentes de aceites térmicos"

Fruto del esfuerzo que hace KEPLER en innovar y mantenerse a la vanguardia de la técnica la empresa acaba de obtener la concesión de la patente P 201831210 titulada "Proceso y planta de tratamiento microbiológico de contaminantes bifenilo y óxido de difenilo procedentes de aceites térmicos".



Figura 2. Imagen de la planta de tratamiento.

En ella se recogen las características de una planta de tratamiento microbiológico para aguas contaminadas con bifenilo y óxido de

difenilo, dos hidrocarburos aromáticos que constituyen lo que se conoce como aceite térmico. El aceite térmico es utilizado en las plantas termosolares para vehicular el calor desde los colectores

La planta consta de un reactor de lecho móvil y una unidad formada por filtros de carbón activo

de los espejos cilindro-parabólicos a un cambiador de calor que genera el vapor necesario para finalmente producir electricidad en una turbina. La planta consta de dos unidades de tratamiento, un reactor de lecho móvil en el que se elimina el 90% del aceite térmico disuelto en el agua y una segunda unidad formada por dos filtros de carbón activo en el que se elimina el 9,9% restante del contaminante. El efluente obtenido abandona la planta con concentraciones inferiores al propio límite de cuantificación del laboratorio (bifenilo y óxido de difenilo < 10 µg/l) (Figura 1).

La planta es modular, compacta y transportable, hecho que facilita y agiliza los trabajos

> de montaje y desmontaje en el área de trabajo, dejando el emplazamiento tal y como estaba al finalizar la descontaminación.

Esta patente pone de manifiesto la soste-

nibilidad técnica, económica y ambiental de la biorremediación como estrategia de descontaminación de hidrocarburos aromáticos como el bifenilo y el óxido de difenilo.



Figura 1. Eliminación del HTF en las distintas unidades que forman la planta.

Participación en Congresos y Cursos

Encuentro Digital de la Industria Química "Iberquimia"



El pasado 16 de junio el director general de KEPLER, Norbert Nägele, ha sido invitado a participar en el II Encuentro Digital de la Industria Química "Iberquimia" como ponente sobre Certificados de Origen como Indicadores (KPI's) de la Sostenibilidad Medioambiental en la empresa. En la presentación se hizo una introducción a los Bonos y Certificados de Carbono y al funcionamiento de las Garantías o Certificados de Origen. A continuación, se expusieron los efectos positivos medioambientales, sociales y económicos asociados a la disminución de la huella de carbono en los procesos industriales. Entre ellos se encuentran la conservación de los recursos naturales, la reducción de emisiones de sustancias contaminantes a la atmosfera (CH4, N2O, HFCs, PFC's, SF6, etc.) y la contaminación de suelos y aguas (por inmisiones, vertidos, etc.). La contaminación atmosférica, de aguas y suelos tiene un importante efecto sobre la salud humana y el sistema sanitario, habiéndose estimado por la OMS en 2012 el fallecimiento de forma prematura de hasta 3.000 millones de personas al año a causa de la contaminación del aire.

El biogás, un elemento clave en la economía circular y la reducción de la contaminación

En estos dos últimos años parece que comienzan a despejarse las dudas existentes sobre el futuro del biogás en España.



Si bien es cierto que el ritmo en la adopción de las medidas necesarias es más lento de lo que desearía el sector, hay que reconocer que se están dando pasos que pueden asegurar este futuro a medio plazo.

La Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética, establece en el apartado primero de su artículo 12 que el Gobierno "fomentará, mediante la aprobación de planes específicos, la penetración de los gases renovables, incluyendo el biogás, el biometano, el hidrógeno y otros combustibles en cuya fabricación se hayan usado exclusivamente materias primas y energía de origen renovable o permitan la reutilización de residuos orgánicos o subproductos de origen animal o vegetal".

El pasado 15 de septiembre se cerró el plazo de presentación de alegaciones al borrador de la Hoja de Ruta del Biogás. Esta Hoja de Ruta contempla un total de cuarenta y tres medidas agrupadas en cinco ejes de actuación: regulatorio, sectorial, económico, transversal e I+D+i.

KEPLER participó en este proceso consultivo y se remitieron alegaciones a diferentes medidas incluidas en los cinco ejes de actuación propuestos.

También este año, a finales de septiembre, el MITECO sometió a información pública el proyecto de real decreto de transposición parcial de la Directiva 2018/2001, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. El 14 de octubre venció el plazo para presentar alegaciones a este documento, que entre otras cuestiones definirá el sistema de garantías de origen para los gases renovables, como el hidrógeno verde, el biogás o el biometano, que permitirá a los comercializadores y consumidores diferenciarlos del gas de origen fósil.

Los cinco ejes de actuación serán: regulatorio, sectorial, económico, transversal e I+D+i.

Es de esperar que de esta estructura marco se deriven reglamentos específicos que den un impulso al sector del biogás en España.

En cualquier caso, para que el biogás sea un instrumento útil en la descarbonización y el nuevo paradigma de la economía circular, será necesario que alcance el umbral de rentabilidad que ahora no existe, y para ello, las medidas que se establezcan para su impulso deberán contemplar de forma eficaz, no sólo el aspecto energético, sino también todos los beneficios ambientales que se derivan del tratamiento efectivo de los residuos orgánicos.

Traslado de Planta y Colaboración con la Universidad Isabel I

En junio de 2021 se ha trasladado la planta experimental de digestión anaerobia (DA) de KEPLER, quedando instalada en la granja de CALIDAD PASCUAL, en Fuentespina.

En su nuevo emplazamiento, la planta continuará desarrollando su triple función como unidad de **demostración**, **investigación y formación**, generando energía eléctrica renovable para autoconsumo y abono de alta calidad.

En cada una de estas facetas se cubrirán aspectos específicos:

→ INVESTIGACIÓN

El principal objetivo de la planta es poner de manifiesto la viabilidad técnica y económica de esta biotecnología en industrias agroalimentarias, mediante proyectos de I+D+i que actualmente se inscriben dentro un proyecto en curso "CDTI-PID".

Evaluar el potencial de acoplar al proceso de la granja una planta de biogás implica:

- > Estudiar el potencial de biogás de los subproductos y/o residuos generados por la granja para ser utilizados como sustratos en un proceso biológico de DA.
- > Conocer en detalle la operatividad a escala piloto y evaluar la capacidad de exportación del modelo de gestión de residuos propios a otras granjas del grupo o colaboradoras, promoviendo la implantación del AUTOCONSUMO al modelo industrial.
- > Estudiar la posibilidad de aplicar como biofertilizante en cultivos y zonas ajardinadas el digestato producido en la planta.



KEPLER aplicará sus 20 años de experiencia en Biogás dentro de la industria agroalimentaria

> DEMOSTRACIÓN Y DIVULGACIÓN

Se llevará a cabo a través de congresos, publicaciones y visitas guiadas en la planta, poniendo de relieve el valor añadido que puede aportar una planta de DA dentro de una granja de ganado vacuno.

→ FORMACIÓN

La planta se utilizará como instalación piloto para impartir formación teórico-práctica, basada en los veinte años de experiencia en esta tecnología. En este sentido, el 21 de Julio de 2021 KEPLER ha firmado un acuerdo de Colaboración con la Universidad Isabel I a través del cual se articula la impartición de cursos de formación orientados a los profesionales del sector del Biogás. El contenido de dichos cursos se prepara sobre la base de la experiencia que atesoran tanto KEPLER como su socio alemán Snow Leopard en el área del biogás, ofreciendo información siempre actualizada en Normativa y próximas tendencias gracias a asociaciones como AEBIG, de la que KEPLER es miembro.

Participación en Congresos y Cursos

Participación en la jornada InnoUAM agua

El pasado 25 de marzo de 2021 KEPLER fue invitado a participar en la jornada InnoUAM Agua sobre las innovaciones y tecnologías para el tratamiento, depuración y potabilización del agua.



Dicha Jornada forma parte del Programa InnoUAM Talks organizado por el Vicerrectorado de Innovación, Transferencia y Tecnología de la UAM, a través del Centro de Apoyo a la Innovación y la Transferencia del Conocimiento (CAI-TEC), y gestionado por la Fundación de la UAM. Durante el evento Norbert Nägele, Director Gerente de KEPLER, presentó los últimos avances de la empresa en la recuperación de aguas subterráneas contaminadas con hidrocarburos aromáticos. Dicho evento permite dar visibilidad tanto a los nuevos progresos en las investigaciones realizadas por la UAM, como a los productos y servicios en desarrollo en el sector empresarial, facilitando la comunicación y potenciando sinergias entre los tres motores fundamentales de la investigación y el desarrollo tecnológico: la Universidad, los Centros Tecnológicos y las Empresas.

KEPLER inaugura delegación en Madrid con la apertura de su oficina ubicada en el Parque Científico

En KEPLER nos esforzamos por seguir creciendo con el fin de llegar a todos nuestros clientes ofreciendo un servicio eficiente y de calidad. Por ello este año tenemos el placer de anunciar la inauguración de la Delegación de Madrid con la apertura de nuestra oficina en el Parque Científico de Madrid (PCM).

El PCM es una fundación sin ánimo de lucro creada en 2001 por la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) y la Universidad Complutense de Madrid para impulsar el emprendimiento científico y tecnológico innovador y fomentar la transferencia y aplicación del conocimiento obtenido de la I+D+i en productos, procesos y servicios que favorezcan el progreso de las empresas y el bienestar social. Los sectores predominantes de actividad científica y de desarrollo empresarial en el Parque son ciencias de la vida y química, tecnologías de la información, nuevos materiales y nanotecnología, medio ambiente y energías renovables.

El Parque se sirve de su Unidad de Desarrollo Empresarial, dirigida a apoyar la creación y el crecimiento de empresas de base tecnológica y a la transferencia de conocimiento y tecnología enfocadas a dar servicios científicos de calidad a grupos de investigación públicos y privados.

Por todo ello, KEPLER ha considerado el PCM la ubicación y **plataforma perfecta para intensificar su actividad en la Zona Centro**, promoviendo sinergias con otras empresas y centros tecnológicos del Parque, así como dinamizar aún más nuestro contacto con la UAM, con la que llevamos colaborando desde hace años en nuestros proyectos de I+D+i.



Micorremediación de suelos contaminados con tricloroetileno: primera evidencia de la efectividad del género pleurotus

El pasado mes de febrero de 2021 se ha publicado el artículo científico "Mycoremediation of Soils Polluted with Trichloroethylene: First Evidence of Pleurotus Genus Effectiveness" en la prestigiosa revista "Applied Sciences".

Dicha publicación ha sido fruto de la colaboración entre KEPLER y el grupo de investigación del Dpto. de Química Agrícola y Bromatología de la Universidad Autónoma de Madrid, con el que llevamos investigando desde hace años.

El tricloroetileno (TCE) es un hidrocarburo halogenado sintético utilizado ampliamente en el sector de la limpieza industrial como disolvente o como componente en la síntesis de sustancias refrigerantes. Su carácter xenobiótico, sus propiedades físico-químicas y sus diversas aplicaciones hacen que el TCE se detecte en la actualidad en el aire, el agua y el suelo de múltiples emplazamientos, suponiendo un importante riesgo para la salud humana y el medioambiente dado su poten-

cial carcinogénico. El objetivo del presente trabajo ha consistido en evaluar por primera vez la eficiencia de eliminación del TCE en el suelo utilizando dos especies fúngicas del género Pleurotus: Pleurotus ostreatus y Pleurotus eryngii. Ambas especies presentan diferentes sistemas enzimáticos intra y extracelulares capaces de metabolizar aeróbicamente el TCE, transformándolo en compuestos menos nocivos. Los resultados obtenidos demostraron la capacidad de ambos hongos para colonizar el suelo y producir enzimas ligninolíticas incluso en presencia de altas concentraciones de TCE.

Por ello, es determinante seguir trabajando en esta línea con el fin de dilucidar los mecanismos involucrados en la micodegraEl TCE supone un importante riesgo para la salud humana y el medioambiente dado su potencial carcinogénico.

dación del TCE y evaluar como estimular la tasa de eliminación de este compuesto organoclorado en el suelo durante el proceso de biorremediación.

Gestión de la organización y las personas

KEPLER ha dado un paso importante en el desarrollo de su organización por medio de dos acciones relevantes.

Esta transformación

dota a la empresa

de una mayor

capacidad operativa

y flexibilidad,

preparándola para

abordar los retos

futuros.

1) Rediseño de la estructura organizativa.

Se ha creado una organización basada en un grupo de empresas constituido por una empresa holding, GRUPO EMPRESARIAL AUNARA, S.L., que dotará al conjunto de servicios generales, y empresas orientadas a cada una de las líneas de negocio. La implantación de esta nueva estructura se ha iniciado en 2021 y se irá completando para

estar finalizada en 2022. Esta transformación dota a la empresa de una mayor capacidad operativa y flexibilidad, preparándola para abordar los retos futuros.

En este proceso el paso más importante que se ha llevado a cabo es la creación de la empresa CONTEROL SEGURIDAD Y MEDIOAM-BIENTE, S.L., a la que KEPLER ha transferido todos sus activos relacionados con la dis-

tribución de productos y ciertos servicios para el transporte, manejo y almacenamiento de productos peligrosos.

2) Elaboración del plan estratégico 2021-2025.

Finalizado el plan previsto para el periodo 2017-2020, la empresa se ha dotado de un nuevo plan estratégico para los años 2021-2025. Es destacable el cambio de metodología en el proceso, habiendo llevado a la práctica una dinámica

que combina el pensamiento a medio/largo plazo con la implementación de acciones en el corto plazo. Este plan estratégico plantea un importante reto de crecimiento para la empresa y ha supuesto una revisión de su misión y visión.

MÉTODO **OBJETIVO**

> La empresa mantiene sus planes de captación de talento habiendo llevado a cabo últimamente algunas actuaciones relevantes:

- > Se ha reforzado el ámbito de consultoría v comercial.
- → La contratación de personal en Conterol Portugal para continuar con la expansión en dicho mercado.

→ La apertura, el pasado mes de mayo, de la delegación de Madrid, a la que se ha incorporado un consultor experto y varios técnicos de servicios técnicos, que está siguiendo la evolución prevista.

→ Lanzamiento de un programa de colaboración en la delegación de Andalucía en la formación de los alumnos de FP de salud ambiental, así como en la sede central en Burgos.

Y para finalizar, hay que destacar la actualización de los valores de la empresa en la que se ha reforzado la importancia de la orientación a la excelencia, la gestión con datos y el trabajo en equipo.

Participación en Congresos y Cursos

Jornada del Día Mundial del Suelo

Con motivo del Día Mundial del Suelo, el pasado 3 de diciembre de 2020 KEPLER fue invitado a participar en la jornada telemática de Suelos Contaminados organizada por la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, donde la Dra. Cynthia Alcántara, Directora del Departamento de I+D+i, habló sobre los Tratamientos biológicos de suelos contaminados y las aquas subterráneas asociadas presentando un ejemplo de caso de buenas prácticas en Andalucía. Este año, KEPLER volverá a estar presente en este evento celebrado el próximo 1 de diciembre, en el que Justo Tenorio, Director del Departamento de Consultoría, hablará sobre la problemática y las posibles soluciones técnicas de la contaminación del suelo en plantas termosolares.

Dicha Jornada abierta al público tiene el objetivo de difundir los trabajos desarrollados por la Junta de Andalucía en materia de suelos contaminados, así como algunas de las principales técnicas de descontaminación que se aplican en la región.



La cuantificación del ATP como herramienta de monitorización de la actividad microbiológica

El ATP o Adenosín TriFosfato es un nucleótido que está presente en todos los organismos, representando su fuente principal de energía para llevar a cabo los procesos celulares (Figura 1). La presencia de esta molécula está asociada a la existencia de células vivas, ya que una vez que se libera al medio extracelular, el ATP se degrada rápidamente. Por tanto, la medición de ATP se utiliza como un indicador de la biomasa viva en un sistema.

El análisis para la cuantificación de ATP se basa en el principio de bioluminiscencia a través de una reacción enzimática catalizada por la enzima luciferasa que utiliza la energía química contenida en la molécula de ATP para producir la descarboxilización oxidativa de la luciferina a oxiluciferina (Figura 2).

Como resultado de la desfosforilación del ATP se emite luz que es medida en un luminómetro. Los valores se registran en Unidades Relativas de Luz (URL) y finalmente expresadas como unidades de carga microbiológica total (pg/mL). De esta forma, la intensidad lumínica es directamente proporcional a la cantidad de ATP presente en la muestra y por tanto, a su actividad biológica.

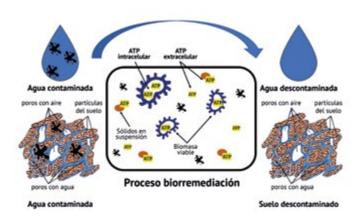
La gran ventaja de esta técnica es la capacidad de cuantificar la actividad de toda la biota presente en la muestra ofreciendo resultados en minutos a diferencia de las técnicas tradicionales utilizadas para la cuantificación de la carga biológica presente en muestras ambientales, como por ejemplo la siembra en placa.

Por ello, la medición de ATP es ampliamente utilizada en la actualidad en la industria alimentaria para verificar la ausencia de actividad biológica sobre superficies o en aguas de lavado tras procesos de desinfección.

Sin embargo, no existen procedimientos estandarizados para utilizar la medida de ATP en el ámbito ambiental. En los proyectos de biorremediación, lo que se pretende, al contrario de los controles de calidad alimentarios, es un aumento de la concentración de ATP asociado a la estimulación del crecimiento de las poblaciones microbianas involucradas en los procesos de degradación del contaminante objetivo. Por tanto, las muestras presentan cargas microbiológicas muy elevadas que se salen del rango de medición de los equipos de ATP tradicionales.

En este contexto, el equipo de investigadores de KEPLER ha llevado a cabo este último año el desarrollo y validación de un procedimiento interno adaptado a la naturaleza de las muestras ambientales. Dicho procedimiento se basa en un pretratamiento previo con el fin de acondicionar las distintas matrices y eliminar interferencias durante la reacción enzimática. Su validación ha permitido incorporar en el portafolio de servicios del laboratorio biotecnológico de KEPLER la cuantificación del ATP como técnica de seguimiento de la actividad microbiológica en procesos de descontaminación.

En este contexto, el seguimiento del rendimiento microbiológico es un parámetro clave durante los proyectos de biorremediación ya que la actividad metabólica de las bacterias



KEPLER ha incorporado el servicio de la cuantificación de ATP dentro de sus laboratorios

P P ADENINA

Luciferasa

RIBOSA

+ O₂ + Luciferina

Mg++

Oxiluciferina

Figura 2. Reacción bioluminiscente durante la desfosforilación del ATP.

específicas para la degradación del contaminante está directamente relacionada con la tasa de eliminación del mismo. Por tanto, un buen control sobre la actividad de las poblaciones bacterianas involucradas en el proceso de biodegradación permite detectar y corregir de forma rápida desviaciones en la tendencia del rendimiento microbiológico, maximizando la eficiencia de esta biotecnología para cada escenario.

Nueva sede de KEPLER en Andalucía

A principios del año 2020 ha sido inaugurada la nueva sede de Andalucía de KEPLER, Ingeniería y Ecogestión, S.L.

El nuevo edificio de la compañía está localizado en uno de los polígonos de servicios a empresas más importantes de la comunidad autónoma, el **polígono PISA** localizado en Mairena del Aljarafe en Sevilla.

Desde el año 2007 han sido muchos los clientes de diversos sectores quienes han confiado en el equipo humano de la delegación de KEPLER Andalucía. El crecimiento de nuestro equipo de profesionales, con más de quince años de experiencia en consultoría medioambiental, y una alta orientación al cliente han sido ejes de la estrategia desarrollada durante estos años que han permitido este **importante crecimiento de la delegación.**

Las nuevas y modernas instalaciones de la delegación de KEPLER Andalucía en Sevilla vienen a confirmar por parte de la compañía



su apuesta por la expansión en el mercado de la zona Sur de España.

Así mismo, la intensidad de la actividad de la empresa en nuevas zonas se ha visto reforzada recientemente por la **creación de las oficinas de KEPLER** en Mérida (Extremadura), en Las Palmas (Islas Canarias) y en el Parque Científico de Madrid.

Participación en Congresos y Cursos

Conferencia internacional CIGRAC 2020¹

El pasado 12, 13 y 14 de mayo KEPLER participó en la Conferencia Internacional sobre Gestión y Rehabilitación de Áreas Contaminadas (CIGRAC 2020⁺¹), donde la Dra. **Cynthia Alcántara presentó uno de los últimos proyectos ejecutados en el área de biorremediación** titulado "Applying the Landfarming Technique to remediate a large amount of soil contaminated with termal oil"

El objetivo de esta Conferencia es promover la difusión de conocimientos y buenas prácticas en la gestión sostenible de tierras contaminadas, abarcando temas que van desde la investigación, el ACR y las tecnologías de recuperación más utilizadas en emplazamientos contaminados, así como los aspectos legales y de seguros asociados a este tipo de procesos.

Visita de Esther San Miguel Busto en la convención conjunta de KEPLER y CONTEROL

La judoka de élite compartió con todo el equipo experiencias y palabras inspiradoras y llenas de valor.

En la pasada convención del 21 de junio, en la que conmemoramos nuestro 25° aniversario, en el Palacio de Saldañuela, en Burgos, hemos compartido unos alentadores y motivadores momentos con nuestra invitada y judoka de élite, Esther San Miguel Busto. Con sus emocionantes palabras Esther ha transmitido al equipo KEPLER los puntos y momentos altos y bajos de su carrera de deportista y los valores que le han permitido "superar la distancia que separa un sueño de la realidad": "Objetivos" – "Superación" – "Disciplina" – "Dominio de los Miedos" – "Control de la Presión Interna y Externa" – y el "Aprender a Afrontar los Fracasos".



Esther participó en tres juegos olímpicos, entre los años 2000 y 2008, obteniendo un diploma por el quinto lugar en Pekín 2008. Ganó una medalla de bronce en el Campeonato Mundial de Judo de 2003 y seis medallas en los Campeonatos Europeos de Judo, entre los años 1998 y 2009.

OTROS EVENTOS DE INTERÉS:

Participación en el Congreso de la Industria Química, IBERQUIMIA.

- > 20 de octubre en Bilbao.
- > 4 de noviembre en Madrid.
- > 25 de noviembre en Barcelona.

Asistencia como miembros de Network for Industrially Co-ordinated Sustainable Land Management in Europe, RED NICOLE.

En el próximo Workshop "Experiences of the past 25 years" celebrado el pasado 20, 21 y 22 de Octubre con motivo de su 25 aniversario.

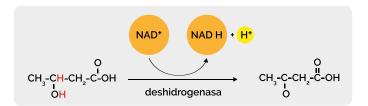


SEGUIMIENTO DE LA ACTIVIDAD MICROBIOLÓGICA MEDIANTE:

1. CUANTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES ENZIMÁTICAS

DESHIDROGENASA

Enzima intracelular responsable de la oxidación biológica de los compuestos orgánicos en el suelo y por tanto un buen indicador del grado de biodegradación de un contaminante.





UREASA

Enzima extracelular responsable de la hidrolisis de urea a amonio. Permite evaluar la biodisponibilidad del amonio en el suelo como fuente de N para los microorganismos, factor clave durante el proceso de asimilación biológica del contaminante.



2. CUANTIFICACIÓN DE ATP

El Adenosín TriFosfato es un nucleótido que está presente en todas las células vivas, representando su fuente principal de energía. La presencia de esta molécula se utiliza por tanto como un indicador de la biomasa activa en un sistema.

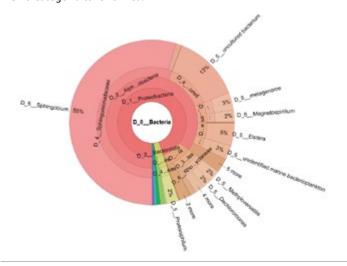




3. BIOLOGÍA MOLECULAR

DNA-METABARCODING

Técnica de secuenciación masiva que permite determinar la diversidad dentro de un mismo dominio (habitualmente bacterias, archaeas, hongos o algas) ofreciendo un valor en porcentaje de la abundancia relativa de los distintos géneros o incluso especies dentro de una misma categoría taxonómica.



PCR CUANTITATIVA (qPCR)

Técnica que combina la amplificación de ADN y su detección en un mismo paso al correlacionar el producto de PCR amplificado en cada uno de los ciclos con una señal de fluorescencia. Esta técnica permite visualizar la reacción en tiempo real y, cuantificar con precisión el ADN asociado a la especie de interés presente en la muestra.



ENSAYOS DE FITOTOXICIDAD

Ensayo en el que determinadas plantas son sometidas a la presencia de un contaminante con el fin de evaluar su efecto tóxico sobre la germinación y el desarrollo de la planta. La información obtenida gracias a estos bioindicadores ambientales permite enriquecer (i) estudios de impacto ambiental (ii) Análisis Cuantitativos de Riesgos sobre los ecosistemas contaminados, así como (iii) evaluar el efecto positivo de la biorremediación sobre la fertilidad de un suelo tras su descontaminación.





Conterol

Más de 3.000 productos para la gestión y almacenamiento de sustancias peligrosas.

El Almacenamiento de Productos Químicos (APQ) es una necesidad habitual para la mayoría de las empresas industriales. La necesidad de dar de alta estos espacios como almacén de productos según el Reglamento APQ se define en la Tabla I del artículo 2 (Ámbito de aplicación) en función de las cantidades y el uso de los productos.

Al adecuar un almacén de productos químicos a las indicaciones del Reglamento APQ vigente se reducen, por un lado, los riesgos de accidentes que afecten a las personas o al medioambiente y, por otro, se evitan problemas con las compañías de seguros en caso de responsabilidad civil a terceros debido a un vertido accidental. Los contenedores modulares que ofrece CONTEROL cumplen con el reglamento APQ y disponen del marcado CE según norma UNE EN 1090-1.

En CONTEROL, somos expertos en seguridad industrial, especialmente en prevención y actuación en vertidos y almacenamiento seguro. Desde 2017 participamos en la Comisión Técnica de Almacenamiento de Productos Químicos, donde se elabora la normativa y se redacta la Guía Técnica de aplicación publicada por el Ministerio de Industria, estando siempre al día de las últimas actualizaciones de la normativa.



FERIAS

Conterol ha estado presente en las ferias de EXPOQUIMIA (Encuentro Internacional de la química) en el recinto ferial de Barcelona del 14 al 17 de septiembre y de SALAMAQ21 (Feria del sector agropecuario) del 3 al 7 de septiembre 2021. En ellas ha presentado nuestras últimas novedades además de nuestro nuevo catálogo 21/22.

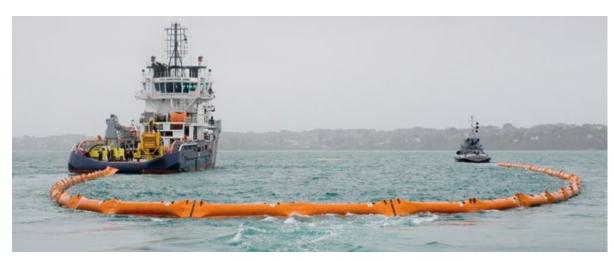
TALLERES/EVENTOS

Conterol sigue con la organización de varios talleres a lo largo del año. Un formato con muy buena acogida por parte de nuestros clientes. Este año se han realizado 2 en modo virtual; uno en febrero con la participación entre otros de CEPSA y otro en junio. Con un programa siempre enfocado a compartir conocimiento con nuestros clientes y colaboradores, se mezclan ponencias muy técnicas sobre productos o normativas vigentes y ponencias didácticas y muy visuales.

FORMACIÓN

Conterol ha reorganizado su departamento de formación AULA MÁSTER. Para ofrecer a sus clientes una formación específica y orientada a la práctica de la empresa se cuenta con cursos en el ámbito de seguridad industrial, Puertos y Transporte impartidos por especialistas en los campos concretos. Se ofrecen las modalidades de formación en aula virtual y la opción de impartirlo directamente en las instalaciones del cliente. Además, colaboramos con diferentes colegios profesionales y asociaciones ofreciendo condiciones especiales para la inscripción en nuestros cursos favoreciendo el networking entre los alumnos y el intercambio profesional.





PUERTOS

Desde el año 2005 KEPLER Ingeniería y Ecogestión, S.L., en colaboración con Conterol, Seguridad y Medioambiente, S.L. (ambas empresas pertenecientes al GRUPO EMPRESARIAL AUNARA, S.L.), ofrece a sus clientes el Servicio de Prevención de la Contaminación Marina en el ámbito portuario y marino para ayudar a cumplir las exigencias, cada vez mayores, de la legislación. Derivado de su Servicio Gestión Integral de Siniestros y de Intervención Urgente en carreteras se ha implantado este servicio en puertos para dar respuesta a las necesidades de clientes como operadores petrolíferos, clubs náuticos y transportistas de hidrocarburos con el objetivo de cumplir con la exigencia de una respuesta rápida y eficaz en caso de derrames con hidrocarburos en el ámbito portuario y marítimo.

Los puertos son infraestructuras complejas donde convive una gran cantidad de actividades económicas y también lúdicas. Frecuentemente esto conlleva la concentración de embarcaciones y tripulaciones de diferentes perfiles, desde pequeños barcos hasta grandes buques de alta tecnología con personal profesionalizado. En todo caso se puede constatar que en muchos casos están implicados productos químicos, lubricantes y combustibles que pueden dar lugar a una contaminación marina.

En este contexto, tras la primera regulación por el R.D. 253/2004, se ha creado con el R.D. 1695/2012 el Sistema Nacional de Respuesta para coordinar la actuación en caso de un derrame accidental de productos contaminantes. En este sistema se normalizan y regulan los planes de actuación en caso de posibles accidentes y se incluye la organización del conjunto de los medios humanos y materiales disponibles y los procedimientos previstos. También detalla la coordinación entre los diversos agentes implicados: Autoridad Portuaria, Capitanía Marítima, SASEMAR y las concesiones e instalaciones afectadas.

Por tanto, estos planes de contingencia tienen el doble propósito de **prevenir accidentes** que originen vertidos de sustancias peligrosas para el medio marino y, si se produjeran, **abordarlos de manera eficiente y segura,** minimizando el impacto en el entorno.

Conterol ofrece todos los productos necesarios para poder responder eficazmente ante una emergencia de vertidos accidentales en el ámbito portuario y marítimo como son barreras de contención, absorbentes hidrófobos, skimmers y tanques de almacenamiento temporal. También dispone de una amplia experiencia en la redacción de Planes Interiores Marítimos tramitados con todas las Capitanías Marítimas del Estado.



Conterol dispone de un catálogo con más de 3.000 referencias que se puede consultar a través de www.conterol.es o recibirlo en formato físico.

Formación Conterol impartida en las instalaciones del cliente.





- Recuperación de daños al Medio Ambiente
- > Entidad de Inspección
- > Gestión de productos peligrosos
- > Servicio de Intervención Urgente
- > Energías renovables
- > Laboratorio Biotecnológico
- > I+D+i



P.E: INBISA, Nave 23A, Ctra N-1, Km 234. Apdo 362 09001 Burgos T +34 947 256 233 F +34 947 250 152

info@kepler.es

www.kepler.es

