Laymans report

Lo2x project

Co-Oxidación en Agua Supercrítica (COASC) de lodos y aguas residuales urbanas

Proyecto cofinanciado por la Unión Europea en el marco del programa LIFE.

LIFE12 ENV/ES/000477

Contexto: Necesidad medioambiental

El problema de la **calidad del agua** sigue estando de actualidad en Europa, con implicaciones para la salud pública y medioambiental y la biodiversidad. Según el Partenariado de Innovación Europeo (EIP), **en 2020 Europa deberá poseer un suministro de agua seguro y accesible**, así como **tratamientos de agua locales,** basados en la **gestión sostenible de los recursos hídricos y en las soluciones más innovadoras, competitivas y económicas.**

Aumento de la producción de lodo por el tratamiento de aguas residuales

La implementación de la Directiva 91/271/CEE durante los últimos 25 años ha forzado a la UE a mejorar su red de tratamiento de agua e instalaciones asociadas.
La gestión de lodos se ha convertido en uno de los principales problemas para la industria de tratamiento de aguas residuales en todo el mundo, debido al rápido aumento en la producción derivado del incremento del número de estaciones depuradoras de agua residual (EDAR), el aumento de la población conectada a este servicio y la modernización de las instalaciones existentes para cumplir criterios de descarga más restrictivos.
Este hecho llevó a Europa a aumentar la producción de lodo hasta un 50 % desde 1992 hasta 2005, manteniéndose constante desde entonces. De los países miembros, España, Alemania, Reino Unido, Italia y Francia contribuyen al 80 % de la producción europea. Concretamente, según el Registro Español de Lodos, España generó más de un millón de toneladas de lodo en 2006, siendo la Comunidad Valenciana una de los principales contribuyentes.

Lodo producido en estación depuradora de aguas residuales (EDAR)

Contaminantes en los lodos

- Micro-contaminantes orgánicos
- Metales pesados
- Microplásticos
- Nanopartículas
- Patógenos

Gestión y tratamiento de lodos, un importante desafío

El Plan Nacional de Residuos Español (2008-2012) indica que los tratamientos actuales de lodos no son satisfactorios por razones medioambientales y económicas, y que existe la **necesidad** de desarrollar **tecnologías innovadoras y sostenibles** en este campo, evitando el transporte a largas distancias para su deposición en vertidos controlados. Esto se alinea con la necesidad establecida en el escenario de partida, resultante de la evaluación de la gestión de tratamiento de lodos realizado por la Dirección General de la Comisión Europea para el Medioambiente en el proceso comprometido para la revisión de la Directiva 86/278/CEE, sobre la aplicación de lodos de depuradora en agricultura.

La gestión de lodos es un importante problema para Europa que requiere la colaboración de todas las partes afectadas para resolverlo mediante el empleo de las **soluciones** más económicas y eficaces, sin disminuir los estándares ambientales o de salud pública. Estos nuevos tratamientos deberían superar las dificultades que entraña el tratamiento de lodos, principalmente su heterogénea composición.

El tratamiento de lodos puede generar una amplia variedad de materiales suspendidos y en disolución como microplásticos, nanopartículas, microcontaminantes, metales pesados o patógenos que deben eliminarse para evitar su concentración en el residuo sólido final. Esto se puede aplicar a los plaguicidas asociados a la ingente actividad agrícola y, a pesar de la regulación existente, aún encontrados en grandes cantidades en distintos medios (en particular, en suelo, aire y agua).

Contexto: bases para la solución

El alcance del proyecto Lo2x supone una nueva alternativa basada en un tratamiento que eleva todas las etapas de tratamiento de una EDAR y los tratamientos externos hasta su deposición final como un todo y que permite el co-tratamiento de otros residuos orgánicos en las mismas instalaciones.

La naturaleza innovadora del proyecto Lo2x puede perfilarse desde distintos puntos de vista:

Modelo innovador

El Sistema cambia el concepto de planta de tratamiento de aguas residuales hacia una planta de recuperación de recursos, en línea con uno de los objetivos estratégicos (convertir residuos en recursos) de la hoja de ruta hacia una Europa eficiente en el uso de los Recursos (COM(2011) 571). En 2020, los residuos deberían gestionarse como recursos y el vertido de materia orgánica debería ser virtualmente eliminado.

Innovación tecnológica

Los antecedentes tecnológicos confían en la Oxidación en Agua Supercrítica de materia orgánica. Esta tecnología aún no está disponible comercialmente para la aplicación mediambiental considerada en este proyecto. Se diseñó y construyó un prototipo a medida para demostrar que el Sistema funciona, basándose en la experiencia previa de los socios en este campo.

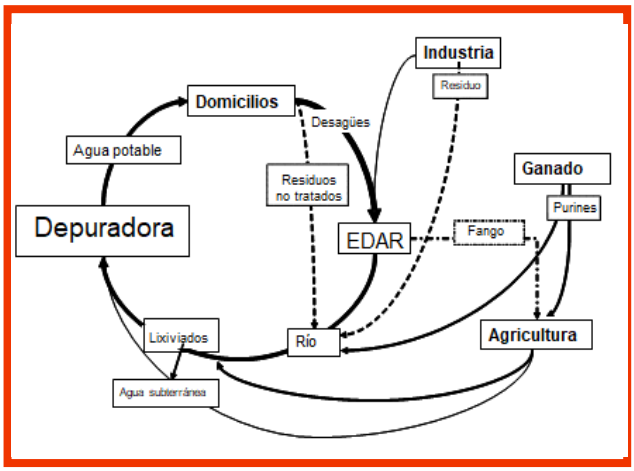
Proceso innovador

Las limitaciones de proceso identificadas han sido abordadas mediante la sinergia derivada de la utilización de la co-oxidación de diferentes residuos, que por separado difícilmente podrían procesarse de forma económica, pero puede conseguirse con procedimientos de mezcla adecuados.

Lo2x: EDAR como punto de retirada de contaminantes del ciclo del agua y fuente de recursos

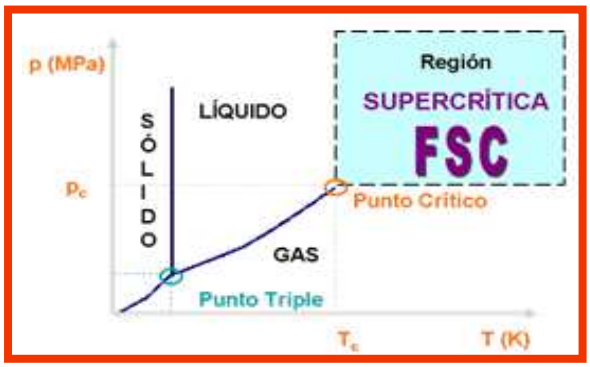
Si está diseñada adecuadamente, una EDAR podría ser la unidad responsable de la **limpieza y purificación del agua**, actuando figuradamente como un riñón que elimina los contaminantes del ciclo del agua. Lo2x se embebe de este concepto, ya que el tratamiento permite a las EDAR **eliminar contaminantes** y **compuestos dañinos**, así como la concentración de sustancias tóxicas como metales pesados en pequeñas fracciones.

Por otro lado, el proceso Lo2x posibilita la **recuperación de compuestos valiosos** como el **fósforo**.



Papel de una EDAR en el ciclo del agua como unidad purificadora

Base de la tecnología Lo2x: Oxidación Supercrítica



El **agua** posee **propiedades especiales** cuando se encuentra **por encima de su punto crítico** (p>221 bar; T>374 ºC): su densidad, viscosidad, poder disolvente, miscibilidad con gases como el oxígeno, etc. difieren con las que presenta en condiciones normales. En esas condiciones se forma un medio de reacción denso de una sola fase en el que los compuestos orgánicos se oxidan en un corto periodo de tiempo para formar moléculas más simples como CO_2, N_2, H_2O… con una eficiencia del 100 % sin generar otras asociadas a problemas medioambientales como los NOx. Además, es posible reutilizar el calor liberado por estas reacciones exotérmicas favoreciendo el balance energético.

Así, la tecnología de oxidación en agua supercrítica puede ser una interesante alternativa para tratar ciertos residuos, ya que los compuestos orgánicos pueden eliminarse sin necesidad de inertización adicional y puede depositarse finalmente una pequeña fracción inerte.

Objetivo general

Demostrar los beneficios medioambientales y socioeconómicos de un co-tratamiento sinérgico de lodos de depuradora y otros residuos mediante *co-oxidación en agua supercrítica (COASC)*

EDAR como planta de recuperación de recursos

Lodos de depuradora

Otras corrientes residuales

- *Plaguicidas*
- *Residuos alimentarios*
- *Purines*
- *Lixiviados*
- *Otros*

Objetivos del proyecto:

Los objetivos fijados para demostrar el comportamiento de la tecnología:

O1 **Diseño y construcción de un prototipo para la COASC de mezclas de lodos de depuradora urbana y otros residuos.**
La instalación demostrativa se diseñó para tratar lodos de aguas residuales y otras sustancias. La matriz principal (lodo) a tratar contiene fósforo y carbón en forma orgánica y se mezcla para un rendimiento mejorado a través de la sinergia con otros sustratos como: purines (para eliminación de materia orgánica y recuperación de nutrientes), residuos alimenticios (para aporte extra de carbono), concentración de sustancias tóxicas en el residuo sólido y eliminación de plaguicidas.

Una vez desarrollado el prototipo demostrativo,

O2 **Determinación de las condiciones operacionales para el tratamiento COASC.**
Se identificaron las condiciones operativas para el mejor rendimiento y balance energético, enlazando agua/energía y contribuyendo al logro de sistemas de aguas residuales inocuos para el clima y de mejoras energéticas de 20% en tratamientos de aguas residuales en 2020.

O3 **Determinación de las condiciones operacionales para la optimización de la recuperación de fósforo.**
Se identificaron las condiciones de proceso para optimizar la recuperación de fósforo, contribuyendo a los objetivos de la hoja de ruta de eficiencia en la utilización de los recursos (EDAR como fábrica de recursos).

O4 **Reducción de la cantidad de residuos generados en las EDAR y mejora de su calidad para un seguro depósito**
Una reducción de la cantidad final de residuos generados en la EDAR y una mejor calidad de los materiales para deposición contribuyen a los objetivos de la Directiva de Residuos y a la existente de eliminación gradual del su uso agrícola de residuos orgánicos.

O5 **Determinación del balance económico asociando medioambiente, innovación y crecimiento socioeconómico**
- Reducción de costes de gestión de lodos en comparación con alternativas existentes
- Costes de los productos del tratamiento en comparación con alternativas de deposición actuales
- Balance económico de energía
- Efectividad en la promoción y valoración de la preocupación de la sociedad

Demostración del prototipo: Lo2x vs referencia

El proyecto ha implicado la construcción y operación de un prototipo capaz de tratar una fracción significativa del lodo generado en una EDAR representativa de un tamaño urbano medio junto con otros residuos procedentes de las cercanías.

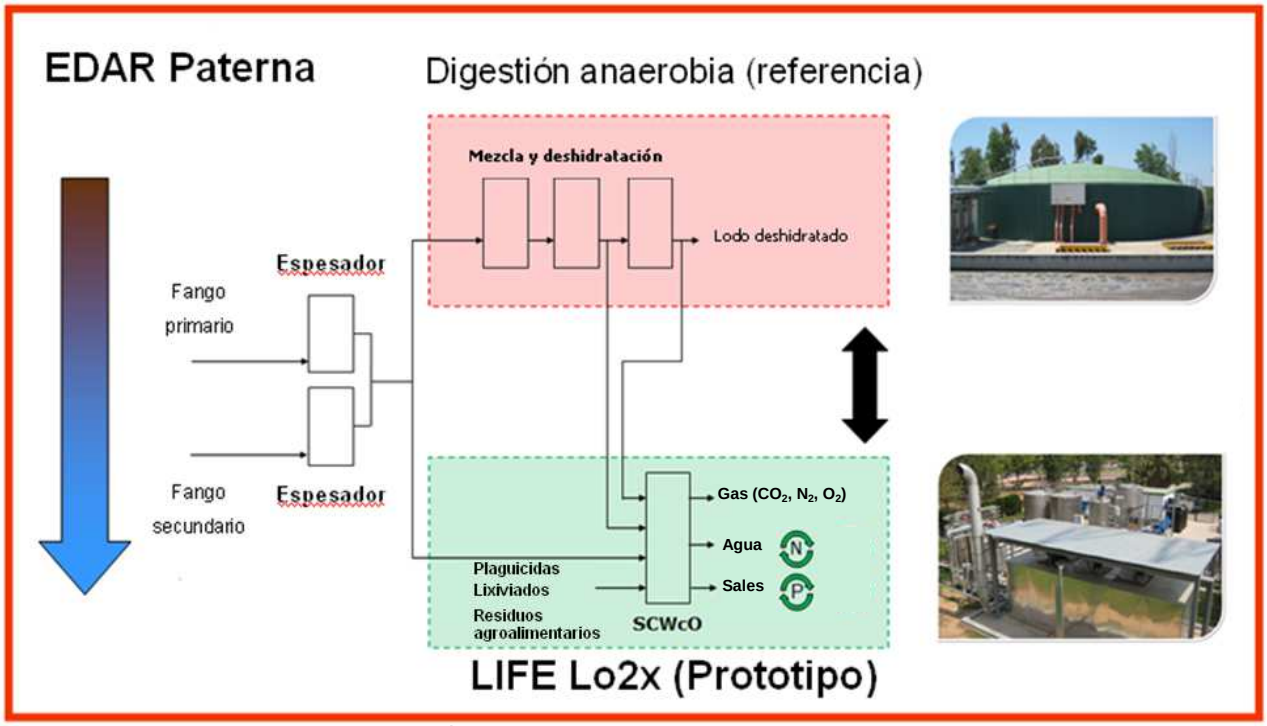
Planta de tratamiento de aguas residuales de Paterna-Fuente del Jarro en Valencia (España).

La planta demostrativa de co-oxidación supercrítica se ha instalado en una EDAR en la costa este de España, en el área metropolitana de Valencia.

El agua es un recurso limitado en España, especialmente en esta área mencionada, donde se dan estreses hídricos por diversas causas: alta producción de lodos y fuerte contaminación debido a una agricultura intensiva con abuso de plaguicidas. Las corrientes residuales tratadas en el proyecto (lodos y otros residuos) se recogieron de los alrededores.

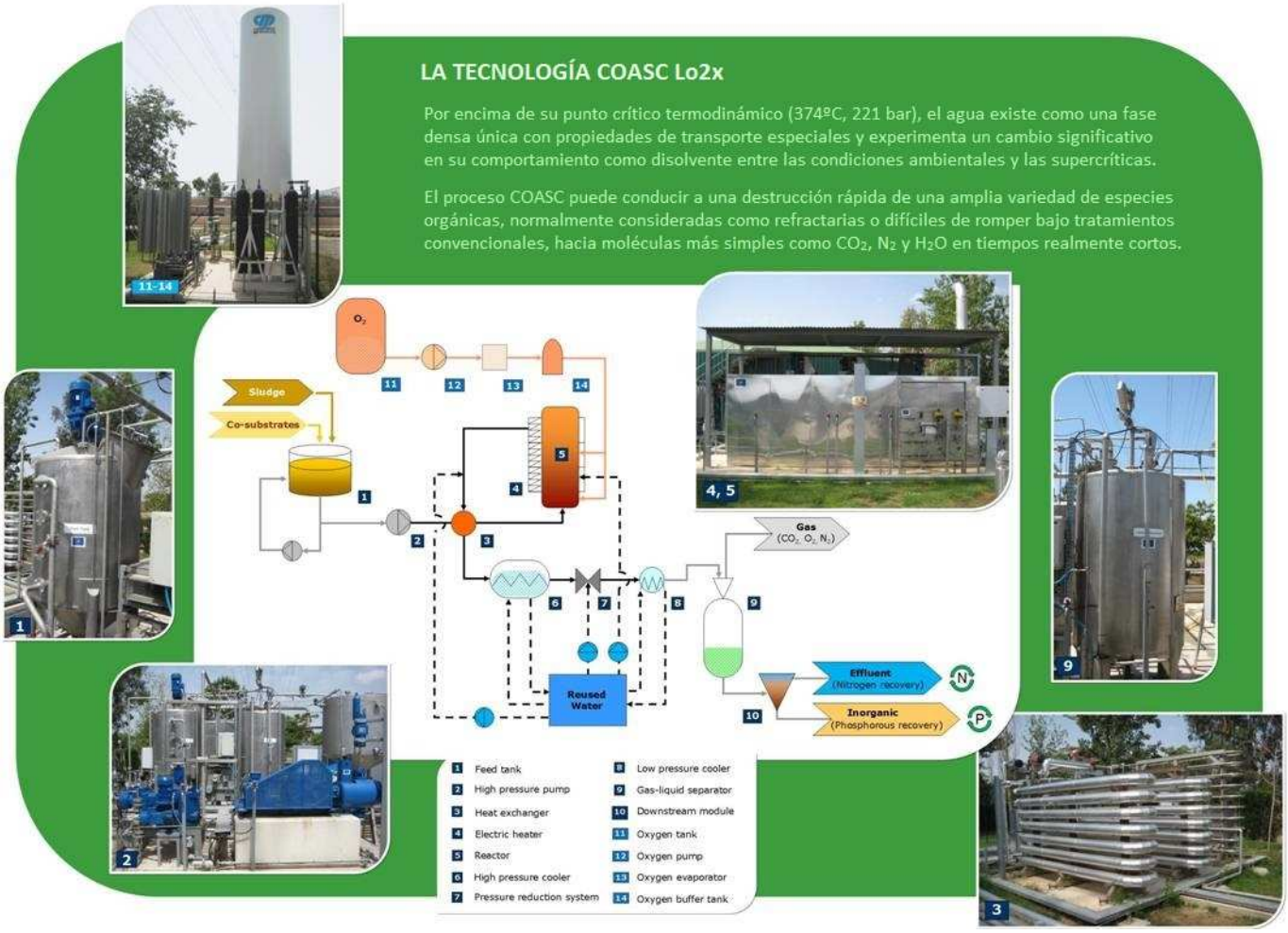
El proyecto Lo2x ha desarrollado la primera planta demostrativa de Europa que consta de un reactor tubular para la valorización, mediante co-oxidación en agua supercrítica, de lodos de EDAR no admisibles para uso agrícola junto con otros residuos de la zona.

En primer lugar, se planteó la construcción de una instalación para tratar 0,1 toneladas de materia seca al día, lo que representa el 5 % de la capacidad de la EDAR. Sin embargo, el desarrollo del proyecto llevó a la construcción de una planta de mayor tamaño para reforzar su carácter demostrativo, de forma que ha sido posible llevar a cabo experimentos implicando una capacidad 3 ó 4 veces mayor que el previsto, con la idea de generar datos sólidos para la evaluación de la alternativa proceso LIFE Lo2x respecto al escenario de referencia.



Evaluación comparativa entre LIFE Lo2x y referencia

Prototipo y proceso Lo2x: COASC



La **planta de co-oxidación en agua supercrítica (COASC)** -*en inglés SCWcO, Supercritical water co-oxidation*- consta de un **reactor**, que es la unidad principal donde los contaminantes orgánicos se transforman en sustancias inocuas o de baja toxicidad, y **otros elementos**.

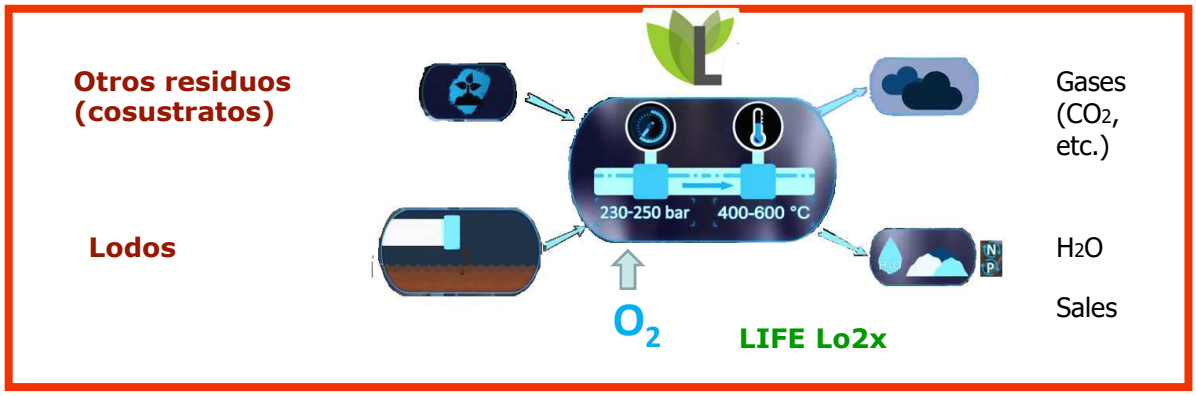
La instalación demostrativa puede dividirse en **tres subsistemas diferenciados**:
-Zona de baja presión: unidades donde el fango y los cosustratos se acondicionan para su inyección
-Zona de alta presión: bombas para alimentar el proceso y alcanzar las condiciones de presión
-Zona de temperatura y presión altas: equipos de alta presión para intercambio de calor y reacción

Una vez el **alimento** a tratar está preparado, **se presuriza** mediante distintas bombas hasta la presión deseada. Después de la presurización, la mezcla de reacción **se calienta** para alcanzar el estado supercrítico. Gracias a un sistema de la integración de calor, el calor producido en la **reacción** se usa para precalentar la corriente de entrada, lo que conlleva un enorme **ahorro de energía**. La co-oxidación supercrítica se produce en el reactor debido a la inyección controlada de **oxígeno puro** para mantener la reacción dentro de los parámetros de consigna establecidos. La instalación permite el **tratamiento continuo** de una corriente compuesta por **lodos y otros cosustratos**, una ventaja considerando capacidad anual y recursos (tiempo y energía) necesarios para alcanzar el estado estacionario.

Los **productos de reacción** salen del reactor creándose **tres fracciones** tras el tanque de separación:
-Los compuestos gaseosos son inocuos, por lo que pueden liberarse legalmente a la atmósfera.
-El efluente líquido contiene agua y amonio, por lo que podría reutilizarse como base para fertilizantes.
-El residuo sólido inorgánico contiene fósforo, podría reutilizarse como fuente para recuperar fósforo.

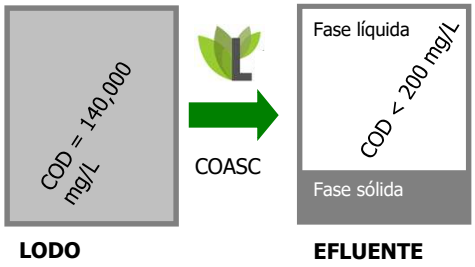
Resultados obtenidos

El **proyecto Lo2x ha aprovechado la alta versatilidad del agua supercrítica para oxidar compuestos orgánicos** para tratar los **lodos de depuradora** junto con un amplio abanico de **residuos** que sirven como **cosustratos** (**aguas de drencher, alpechines, lixiviados o purines**), siendo capaz de tratar corrientes con compuestos indeseados como **plaguicidas**. Este comportamiento hace que el proceso de **co-oxidación supercrítica** pueda considerarse como **apto para reemplazar/mejorar tecnologías bien asentadas** como la de **digestión anaerobia**.

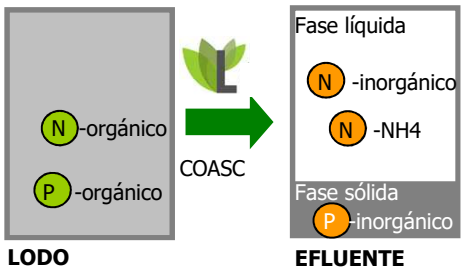


Proceso COASC LIFE Lo2x

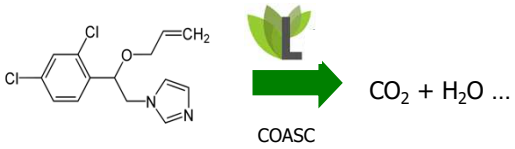
- **> 99% de reducción de materia orgánica.** La DQO del efluente COASC está por debajo de 200 mg/L de media, alcanzando valores por debajo de 25 mg/L.



- **Recuperación de nutrientes.** La mineralización del nitrógeno y fósforo facilita la recuperación de nutrientes para su uso como base de fertilizantes. El nitrógeno se localiza en el líquido ($(NH_4$~2 g/L), mientras que el fósforo se encuentra en la fase sólida (P_2O_5~25%).

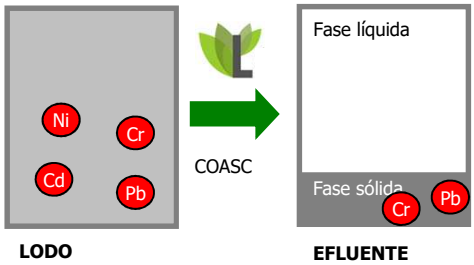


- **100% de eliminación de plaguicidas.** Degradación de Imazalil hasta 350 mg/kg, eliminando su presencia en el efluente



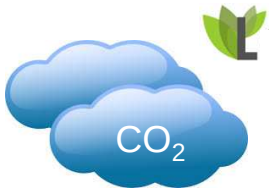
- **100% de eliminación de patógenos.** Eliminación completa de *Escherichia Coli, Clostridium perfringens* y *Salmonella spp.* COASC lleva a una esterilización completa.

- **>85% de metales pesados concentrados en una pequeña fracción para su manejo seguro.** Los metales pesados se detectan en la fracción sólida inerte del efluente COASC.



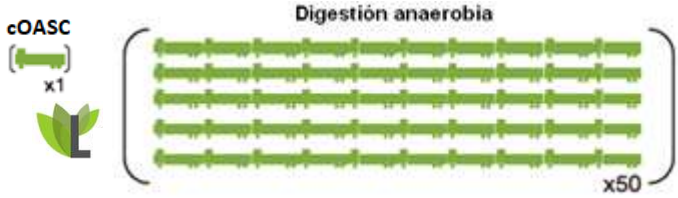
Resultados obtenidos

- **Los gases producidos no son nocivos y se pueden emitir.** CO_2 es el principal producto gaseoso de la COASC. NOx y SOx, los típicos subproductos tóxicos de la combustión, no se forman.



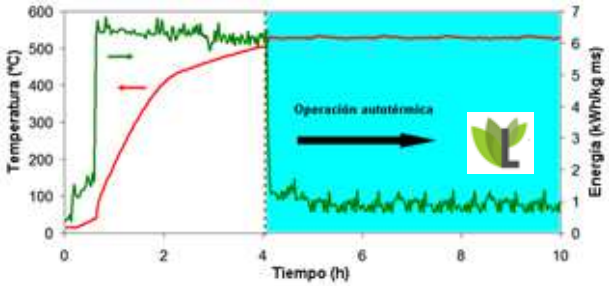
NO < 1.0 ppm
NO_2 < 0.1 ppm
NH_3 < 1.0 ppm
SO_2 < 0.5 ppm

- **>98% de reducción de lodos**
Reducción en sólidos totales de más de 90 %.
El residuo inerte de la COASC es un recurso para la industria del fósforo, mientras que los residuos de la digestión anaerobia pueden acabar en vertederos.

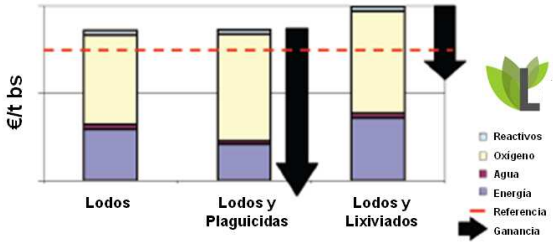


Comparativa de la deposición de residuos

- **Consumo nulo de energía térmica.** El proceso COASC libera calor (reacción exotérmica) que se recupera, convirtiendo al bombeo en la única etapa que consume energía.



- **Economía favorable (cash flow) debido a ahorro por tratamiento de cosustratos.** El ahorro por tratamiento de cosustratos como sustituto de las tecnologías actuales mitiga los costes asociados al tratamiento de lodos por COASC, pudiendo ser inferiores a los de referencia.



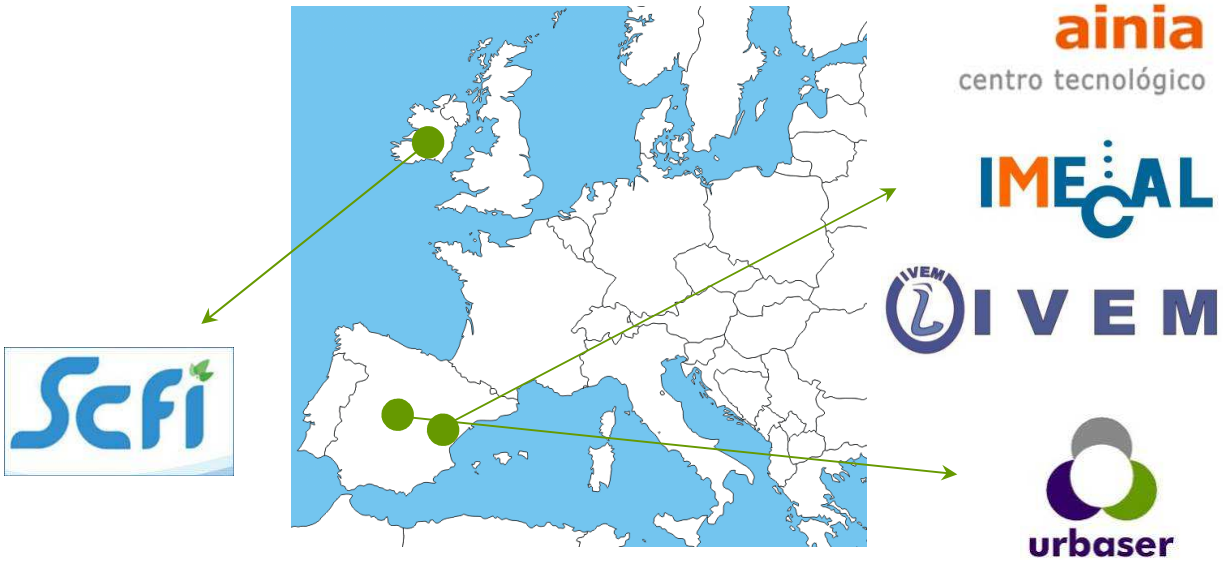
Influencia de las primas por gestión de cosustratos

Resumiendo, el **Proyecto LIFE Lo2x ha demostrado el interesante potencial de la tecnología propuesta (COASC) para la valorización sinérgica de lodos de depuradora y otros residuos**, así como ciertos retos a afrontar para posibilitar su aplicación a escala industrial.

Beneficios a largo plazo

- **Mitigación de la contaminación global del medioambiente,** puesto que los enfoques de tratamiento multiresiduo y de recuperación de recursos del Proyecto Lo2x contribuyen a reducir el impacto medioambiental de las EDAR tradicionales.
- **Mejora del ciclo del agua,** ya que se produce un efluente líquido de alta calidad, al eliminarse contaminantes (plaguicidas, patógenos, etc.) y concentrar los metales pesados principalmente en el residuo sólido final.
- **Mejora de los ciclos de nutrientes,** gracias a la mineralización y el potencial uso de los diversos efluentes como recursos valiosos para recuperar el nitrógeno y/o el fósforo para usos fertilizantes.
- **Mejora de la calidad del aire**, debido a emisiones directas limpias sin compuestos indeseados ni tóxicos (NOx, SOx, etc.) y reducción de las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero asociadas al transporte para la deposición de los residuos.
- **Reducción de las cantidades de lodo a gestionar** y los costes asociados (la gestión de lodos supone, al menos, un 50% de los costes totales relativos a la operación de EDARs convencionales).
- **Disponibilidad de una alternativa de tratamiento adecuado para residuos peligrosos**.
- **Contribución positiva a recursos humanos y entidades de la alta cualificación,** ya que los implicados en el proyecto han integrado nuevos conocimientos y habilidades técnicas, ambas necesarias para construir nuevas plantas y la operación de EDARs con la tecnología COASC.

Participantes



AINIA es un centro tecnológico enfocado al sector agroalimentario e industrias relacionadas, con una larga experiencia en tecnologías ambientales y de fluidos supercríticos. El objetivo del centro es promover la investigación y el desarrollo tecnológico en el sector agroalimentario para aumentar la calidad de la producción, mejorar la competitividad y promover la modernización y la diversificación.

www.ainia.es

IMECAL es una PYME fundada en 1979 como una compañía de ingeniería del sector metalúrgico. IMECAL trabaja actualmente en la demanda y fabrica todo tipo de equipo de metal-mecánica para obra civil, refinerías, petroquímica, transporte, manufactura, industria de refrigeración, industria auxiliar del motor e industria cerámica.

www.imecal.com

IVEM, fundada en 2003, está formada por un grupo de ingenieros que centran su actividad en el desarrollo de proyectos eléctricos y mecánicos, automatización de instalaciones, control y supervisión de sistemas, tratamiento de aguas y seguridad industrial. Actualmente, la principal actividad de la compañía se centra en servicios de operación, asistencia y mantenimiento de plantas de depuración de aguas.

www.ivem.es

SCFI es una compañía irlandesa que desarrolla tecnologías para el tratamiento de residuos orgánicos y generación de energía renovable para el mercado industrial y municipal. La tecnología patentada por SCFI, AquaCritox, usa la oxidación con agua supercrítica para el tratamiento de aguas altamente contaminadas con disolventes orgánicos y lodos, produciendo energía renovable.

www.scfi.eu

URBASER es una referencia mundial en el área mediambiental, dedicada a actividades de limpieza viaria, recogida y transporte de basura, tratamiento y reciclado de residuos urbanos, gestión integral del ciclo del agua, así como de paisajismo y jardinería.

www.urbaser.es

Lo2x project

Datos de contacto

Andrés Pascual Vidal (Coordinador del proyecto)
Jefe de Departamento de Medioambiente, Bioenergía e Higiene Industrial
AINIA CENTRO TECNOLÓGICO
apascual@ainia.es

Más información