



Anexo 4. Plan de Acción de economía circular

Anexo al E1.3.1 Estrategia Común
TWIST para el aprendizaje mutuo y la
capitalización de los resultados de
las RIS3

Septiembre 2019





Autores

Equipo portugués:

AdTA

IST

ISA

Contribuciones

Equipo español (CENTA)





Índice de contenidos

1. Introducción.....	1
2. Economía Circular y el sector de las aguas residuales	3
3. Citation List	17

Lista de figuras

Figura 1.1 - Misión TWIST y objetivos estratégicos	1
Figura 2.1 - Propuesta de escala de valor creciente relacionada con las aguas residuales.....	9

Lista de tablas

Tabla 2.1 - Categorías de reutilización de agua.....	5
Tabla 2.2 - Costes y beneficios de la reutilización del agua para las partes interesadas principales.....	6



Lista de acrónimos y abreviaturas

I+D+i - Investigación, desarrollo e innovación

PHA - Polihidroxialcanoato

PTAR - Planta de tratamiento de aguas residuales

PYME - Pequeña y mediana empresa

RIS3 - Research and Innovation Smart Specialization Strategies (Estrategias de Especialización Inteligente para la Investigación y la Innovación)

TWIST - Transnational Water Innovation Strategy (Estrategia Transnacional de Innovación del Agua)

UE - Unión Europea



1. Introducción

La Estrategia Transnacional de Innovación del Agua (TWIST) ha enmarcado el proyecto y sus objetivos dentro del contexto estratégico y político europeo y ha establecido un marco estratégico para ejecutar los objetivos definidos.

La visión definida para la estrategia TWIST es:

"Un territorio que es resiliente al mercado y a los cambios climáticos, que estimula el crecimiento económico y la protección del medio ambiente al anclarse en la innovación y la participación de los interesados".

Para lograr la visión definida, se han establecido una misión y cuatro objetivos estratégicos como se muestra en la Figura 1.1.

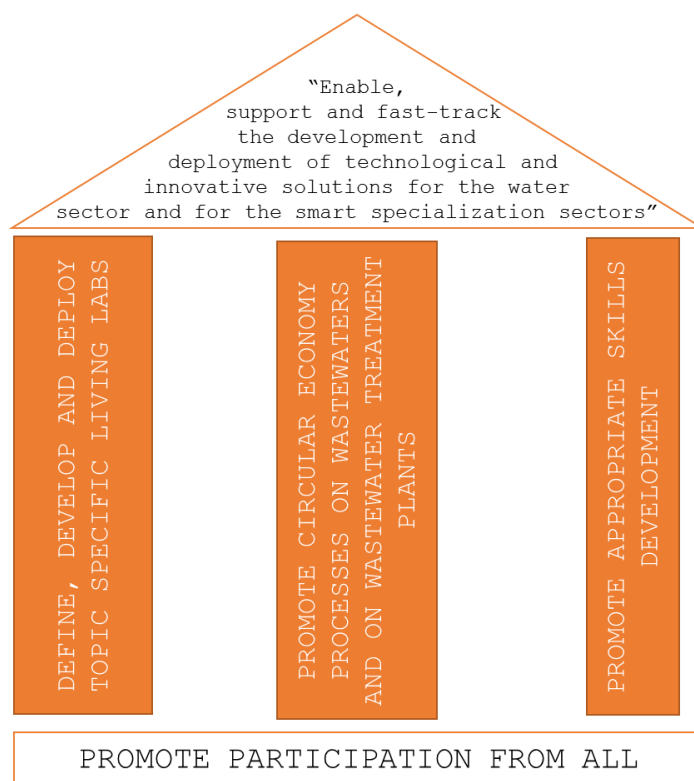


Figura 1.1 - Misión TWIST y objetivos estratégicos



Por lo tanto, se pretende que la estrategia se convierta en un motor para la innovación del sector del agua dentro de las regiones TWIST utilizando como apoyo las Estrategias de Especialización Inteligente de Investigación e Innovación (RIS3).

Este Plan de Acción define los pasos que ayudan a la adopción de procesos de economía circular en aguas residuales, en plantas de tratamiento de aguas residuales y a través de la gestión del uso del suelo, como se prevé en el Objetivo Estratégico 2 de la estrategia TWIST.



2. Economía Circular y el sector de las aguas residuales

Durante los últimos siglos, los procesos de producción y los patrones de consumo se han desarrollado de manera lineal, donde prevaleció el enfoque de tomar-hacer-usar-desechar, lo que ha provocado impactos negativos en el medio ambiente, las empresas y las personas.

Como consecuencia, el paradigma está cambiando hacia un modelo circular que apoya los objetivos de desarrollo sostenible y está respaldado por los principios de eficiencia en el uso de recursos y materiales.

A la luz de la creciente demanda de agua y energía y su coste asociado y de las medidas cada vez más estrictas de control y prevención de la contaminación impuestas por la UE, los sectores del agua y las aguas residuales han estado buscando soluciones para un cambio, adhiriéndose a una economía más verde y circular guiada por los principios de desarrollo sostenible.

Las aguas residuales ahora se consideran una fuente potencial de recursos naturales que ofrecen la posibilidad de recuperar energía, agua, nutrientes y materiales.

La recuperación de energía, agua y materias primas del proceso de tratamiento se está convirtiendo en una praxis donde se regeneran las aguas residuales tratadas y se recuperan materiales energéticos, biógenos (nitrógeno y fósforo), hidrógeno y plásticos.

Estos materiales, que alguna vez fueron vistos como residuos, ya no son el final de la cadena de producción, sino que también se utilizan como materias primas en otras industrias y procesos, lo que permite que los materiales recuperados se mantengan en el circuito durante toda la cadena de suministro. Por lo tanto, el modelo de economía circular requiere no solo cambios en los modelos de producción y consumo, sino también nuevos modelos y sistemas de negocio. Cambiar todo el sistema de producción y cerrar los ciclos de producción es clave para permitir el desarrollo sostenible y la sostenibilidad de los recursos.

El modelo de economía circular en comparación con el modelo lineal requiere menos insumos y un uso más eficiente de los recursos naturales y permite la reducción de emisiones, pérdidas y residuos materiales.



Gracias a los cambios en todas las etapas del ciclo de vida de un producto, la economía circular es propicia para minimizar los impactos ambientales negativos de los productos manufacturados, mejorando los indicadores macroeconómicos y el clima.

La recuperación y la reutilización de recursos pueden surgir de tres flujos principales:

- El flujo del agua;
- El flujo de materiales/recursos, y
- El flujo de la recuperación de energía.

El **flujo del agua** se relaciona con la recuperación y reutilización del agua tratada para fines específicos que no sean beber, e incluye, entre otros, usos industriales, agricultura, descarga de inodoros, riego de jardines o recarga de acuíferos. Además, hoy en día la tecnología permite que el agua regenerada sea de una calidad que los humanos puedan consumir de forma segura. Esto puede tener gran relevancia en áreas como las regiones TWIST, que están constantemente bajo estrés hídrico. Por lo tanto, la reutilización del agua tratada puede convertirse en un instrumento importante para el alivio de la sequía y para la adaptación al cambio climático.

La innovación y los avances tecnológicos son de suma importancia para impulsar el uso del agua regenerada a través de mejoras en los procesos de tratamiento, su eficiencia y la calidad del agua reciclada. Paralelamente, el compromiso con la sociedad civil y los usuarios finales debe llevarse a cabo trabajando hacia una aceptación más amplia del agua regenerada con la perspectiva "el agua adecuada para el uso adecuado".

La reutilización de aguas residuales tiene muchas posibles utilidades después de ser tratada adecuadamente. La Tabla 2.1 muestra algunas de las categorías de reutilización del agua¹.

¹De

http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8390/Water%20and%20Wastewater%20Reuse_%20An%20Environmentally%20Sound%20Approach%20for%20Sustainable%20Urban%20Water%20Management-20043596.pdf?sequence=3&isAllowed=y

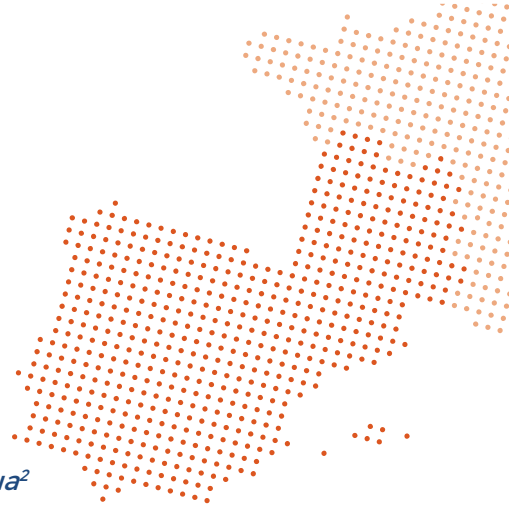


Tabla 2.1 - Categorías de reutilización de agua²

Categoría de reutilización	Ejemplos de aplicaciones
Uso urbano <ul style="list-style-type: none"> • Sin restricciones • Con restricciones • Otros 	<p>Riego de parques, jardines, parques infantiles, patios escolares, campos de golf, cementerios, residenciales, cinturones verdes, deshielo</p> <p>Riego de áreas con acceso poco frecuente y controlado</p> <p>Protección de incendios, preparación para desastres, construcción</p>
Uso agrícola <ul style="list-style-type: none"> • Cultivos alimentarios • Cultivos no alimentarios y cultivos para consumo tras procesamiento 	<p>Riego de cultivos para consumo humano</p> <p>Riego para forrajes, fibras, flores, cultivos para obtener semillas, pastos, viveros comerciales, cultivo de césped</p>
Uso recreativo <ul style="list-style-type: none"> • Sin restricciones • Con restricciones 	<p>Sin limitación en el contacto con el cuerpo, lagos y estanques utilizados para nadar, producir nieve artificial</p> <p>Pesca, navegación y otras actividades sin contacto físico</p>
Mejora medioambiental	Creación de humedales artificiales, mejora de humedales naturales, corrientes naturales
Recarga de acuíferos	Relleno de acuíferos para agua potable, control de la intrusión salina marina, control de la subsidencia
Reutilización industrial	Agua de sistemas de refrigeración, agua de procesos, agua para alimentar calderas, inodoros, lavandería, lavados en la construcción, aire acondicionado
Uso residencial	Limpieza, lavandería, inodoros, aire acondicionado
Reutilización agua potable	Mezcla con suministro de agua municipal, suministro tubería a tubería

² Asano y Levine (1998)



Algunos de los beneficios y costes de la reutilización del agua para las principales partes interesadas se pueden observar en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 - Costes y beneficios de la reutilización del agua para las partes interesadas principales³

Parte interesada	Beneficios	Costes	Factores clave
Gobierno central	Costes evitados de grandes proyectos de agua interestatales u otra nueva infraestructura importante	Costes de capital inicial del proyecto; coste financiero neto de transferencias y compensaciones pagadas a otros interesados	Trazado de responsabilidades fiscales y financieras entre diferentes niveles de la administración; política de precios del agua, acceso a financiación externa; normas obligatorias de salud y medio ambiente (por ejemplo, UE)
Autoridades del agua regionales, gobiernos regionales	Ingresos por venta de agua a las ciudades, ingresos fiscales por un mayor desarrollo de las zonas urbanas y rurales debido a una mayor seguridad del agua	Costes de financiación de capital de esquemas y O&M; compra de efluentes de EDAR municipales; cualquier transferencia fiscal implicada	División de responsabilidades financieras y fiscales entre gobiernos centrales, regionales y locales; regulaciones locales ambientales y de salud pública
Empresas de servicios	Costes evitados de soluciones	Costes de capital y operación de nuevas	Política tarifaria para efluentes y agua

³Andersson et al. (2016)



públicos municipales	alternativas de agua; ahorro en costes de tratamiento de efluentes; ingresos adicionales por ventas de agua urbana; cargas reducidas de contaminación	instalaciones e infraestructuras; costes de las medidas de salud pública y restricciones de servicios	dulce; distribución de costes entre usuarios y autoridades, grado de escasez urbana actual y futura
Agricultores	Mayor fiabilidad del efluente; ahorro en extracción y bombeo; ahorro en fertilizantes; aumento de rendimientos e ingresos por ventas	Coste de las restricciones del producto; servicio reducido, reflejado en el precio del suelo	Cuánto del coste del proyecto es asumido y cuanto recuperado de los agricultores; alternativas disponibles, por ejemplo, agua subterránea propia; precio cobrado por el efluente, en comparación con el del agua dulce; capacidad de vender derechos de agua existentes; severidad de las restricciones de productos

El flujo de materiales incluye la reutilización y recuperación de una gran cantidad de materiales orgánicos e inorgánicos de aguas residuales sin tratar, corrientes de aguas residuales semitratadas y lodos de depuradora.

El lodo tratado se puede aplicar como fertilizante y como acondicionador de suelo y estabilizador en la silvicultura, en áreas que sufren erosión o en la recuperación de suelos.



Recuperar el fósforo como estruvita también es una oportunidad que probablemente traerá beneficios, ya que permitiría la recuperación de un recurso escaso dentro del espacio europeo y al mismo tiempo ahorrará costos en el mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ya que la estruvita genera problemas al obstruir las tuberías y los equipos.

La industria del cemento también puede usar el lodo como fuente alternativa de combustible en los hornos de las cementeras, ya que tiene un valor calorífico. Por esta razón, también se puede utilizar para producir energía, térmica o eléctrica, según la tecnología disponible.

El uso de lodos para la producción de energía tiene beneficios ambientales y económicos, ya que ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de los combustibles fósiles, por lo que es una herramienta importante para cumplir los objetivos de sostenibilidad de la UE. Incluso después de la combustión, las cenizas de lodos pueden ser valiosas y utilizarse para producir estruvita o en el sector de la construcción como relleno mineral, en mezclas de pavimento de asfalto o en la fabricación de ladrillos. Esta es también una oportunidad para comprometerse con otras industrias que promueven la captura y reutilización de nutrientes del flujo de las aguas residuales mientras evitan la liberación de agentes de eutrofización y contaminantes a la biota acuática, maximizando así las oportunidades de la economía circular y la protección del medio ambiente.

Los metales como el cobre, la plata y el oro también se pueden recuperar de las cenizas que quedan después de quemar el lodo de las aguas residuales. Más recientemente, se están produciendo y probando plásticos biodegradables a partir de polihidroxicanoatos (PHA), y se están haciendo intentos para generar electricidad directamente durante el proceso de eliminación de contaminantes del agua residual utilizando Microbial Fuel Cells (pilas de combustible microbianas).

El **flujo de energía** puede ser de especial relevancia como palanca de sostenibilidad y como medida de reducción de costos. La recuperación de energía se puede realizar a través de la producción de biogás, bombas de calor en efluentes de plantas de tratamiento y recuperación de energía de varias corrientes de alta temperatura mediante un intercambiador de calor.



Este enfoque es clave en una economía circular y brinda beneficios ambientales y económicos tanto para el sector del agua como proveedor de recursos como para otras industrias que dependen de fuentes naturales que son escasas, finitas y están a merced de la competencia global de precios.

Los beneficios son abundantes y tienden a aumentar su valor con inversiones más ambiciosas en términos de sostenibilidad. La Figura 2.1 muestra la escala de las propuestas de valor creciente basadas en el aumento de las inversiones y el potencial de recuperación de costes⁴.

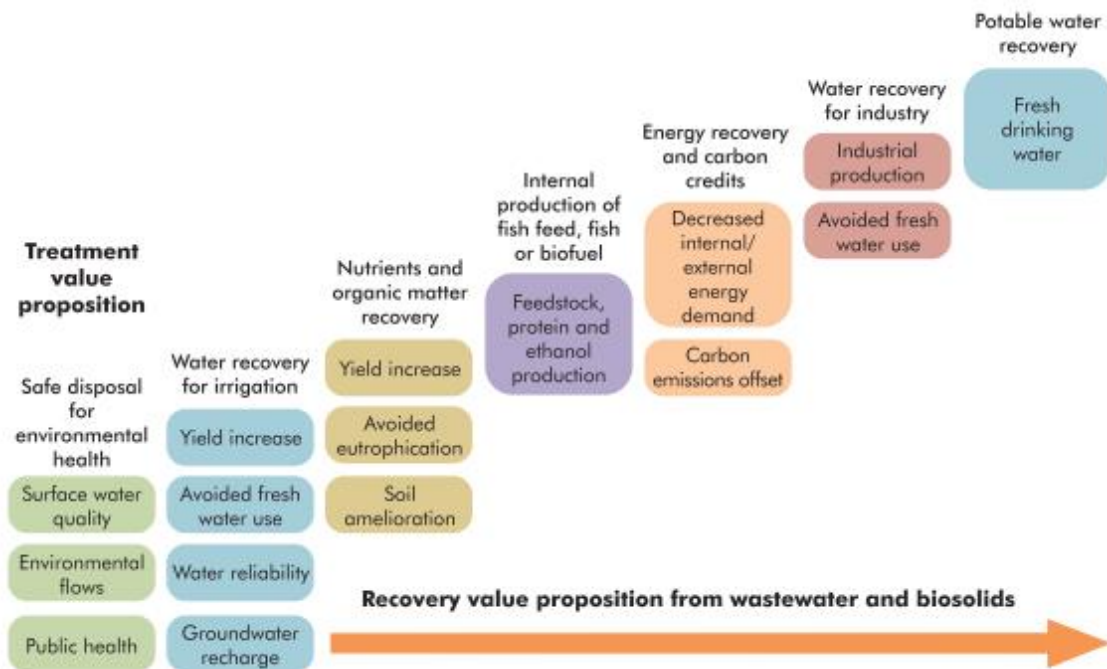


Figura 2.1 - Propuesta de escala de valor creciente relacionada con las aguas residuales

La recuperación y reutilización de recursos permite "cerrar el círculo" para el tratamiento de las aguas residuales y cierra la brecha con otros sectores. Se deben realizar esfuerzos para construir redes de comunicación consistentes entre todos los agentes de la cuádruple hélice, que identifiquen las necesidades de la industria y los recursos recuperados existentes (o potenciales), creando

⁴De

http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8390/Water%20and%20Wastewater%20Reuse_%20An%20Environmentally%20Sound%20Approach%20for%20Sustainable%20Urban%20Water%20Management-20043596.pdf?sequence=3&isAllowed=y



oportunidades de innovación empresarial y tecnológica u organizativa. Es probable que sea beneficioso promover estructuras similares a grupos de interés, ya que reuniría en una red a las partes interesadas relevantes que, de este modo, puedan promover nuevas oportunidades de negocio.

Una base industrial sólida e integrada es clave para el crecimiento económico y la competitividad, y el uso de los recursos recuperados puede ser clave para desarrollar economías territoriales y sectores tecnológicos que permitan el acceso a la energía y las materias primas recuperadas. Las PYME y los centros de investigación pueden desempeñar un papel importante en el impulso de estas oportunidades y en la creación de cadenas de valor completas e integradas que son fundamentales para el aumento de la productividad.

Se pueden explorar otras opciones, siendo vitales el pensamiento creativo y las soluciones innovadoras, para hacer que el sector de las aguas residuales sea más eficiente, sostenible y rentable. Según lo sugerido por IWA (2017), se deben considerar soluciones de reacondicionamiento, replanteamiento y reimaginación (o recreación), involucrando temas tales como unidades novedosas que se incluyen en procesos convencionales, modificaciones en el diagrama de flujo o la creación de conceptos completamente nuevos.

La gestión de los recursos hídricos a través de la gestión del uso de la tierra mediante el uso del entorno natural para proporcionar soluciones de tratamiento, almacenamiento, amortiguación y recreación puede brindar múltiples beneficios y ahorros de costos para la PTAR.

Según la literatura, los siguientes recursos tienen el potencial de ser recuperados de las aguas residuales:

- celulosa;
- fósforo;
- Nitrógeno;
- PHA;
- Bioenergía: biogás; biohidrógeno; biodiesel;
- VFA;
- Metales (Fe; Al; Ti; Zn; Cu; Sn; Mn; Cr; Mo; Ag; Ni; U; V);
- Proteínas unicelulares;
- Farmacias
- Enzimas



- Hormonas.

A continuación, se enumeran una serie de acciones sugeridas para promover la adopción del modelo de economía circular. Algunas no pueden llevarse a cabo si no se lleva a cabo otra previa, pero otras pueden implementarse independientemente, dependiendo solo de la toma de decisiones.

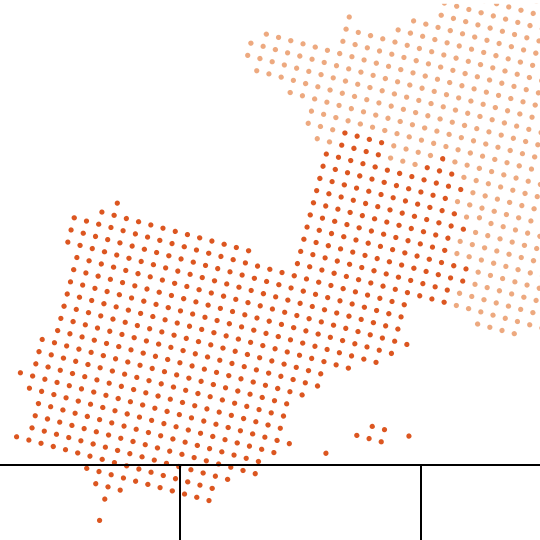




ACCIONES	OBSERVACIONES	QUIÉN	CUÁNDO	CÓMO	Resultado
A1 - Identificación de los subproductos del tratamiento	The by-products and resources with potential to be recovered will depend on the effluent characteristics, thus varying from WWTPs	Empresas de servicios responsables del tratamiento de las aguas residuales			
A2 - Identificación de los sectores industriales que utilicen los recursos recuperados como materiales brutos					
A3 - Identificación de industrias y fábricas locales a lo largo de la cadena de suministro que puedan probablemente utilizar los diferentes subproductos del tratamiento					
A4 - Enlace con las industrias y fábricas locales para determinar sus necesidades de recursos y apertura a utilizar los subproductos					



<p>A5 - Trabajar para alcanzar la sensibilización de las industrias, agricultores y el público respecto al uso seguro de los productos recuperados y su importancia</p>	<p>Involucrar a las autoridades locales y regionales para promover eventos de Sensibilización Pública</p> <p>Esto puede servir también de base para promover desde el gobierno la creación de normas específicas</p>				
<p>A6 - Enlace con las PYMEs, Universidades, centros de investigación y proveedores de tecnología para promover la I+D+i respecto a las posibles nuevas aplicaciones comerciales de los subproductos del tratamiento y para desarrollar nuevas tecnologías de tratamiento</p>					
<p>A7 - Identificar las necesidades/potencial para mejorar la eficiencia en las instalaciones existentes</p>					

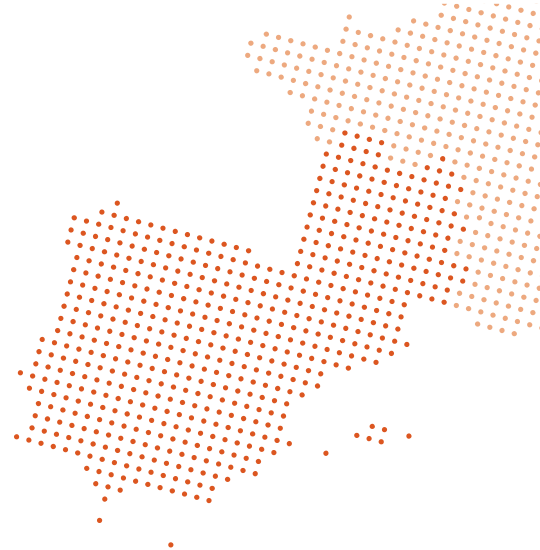


A8 - Trabajar con la industria para identificar las medidas de eficiencia en el uso de recursos y energía					
A9 - Identificar oportunidades de co-digestión utilizando otros tipos de biomasa, tales como residuos alimentarios					
A10 - Identificar las necesidades/potencial para actualizar las instalaciones					
A11 - Identificar las necesidades/potencial de la implementación de nuevas tecnologías					

Interreg
Sudoe



TWIST 
European Regional Development Fund





3. Citation List

Andersson, K., Rosemarin, A., Lamizana, B., Kvarnström, E., McConville, J., Seidu, R., Dickin, S. and Trimmer, C. (2016). Sanitation, Wastewater Management and Sustainability: from Waste Disposal to Resource Recovery. Nairobi and Stockholm: United Nations Environment Programme and Stockholm Environment Institute.

