

ESTUDIO DE LOS BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR UN NUEVO MODELO ECONÓMICO BASADO EN LA ECONOMÍA CIRCULAR EN LOS ESPACIOS TERRITORIALES VULNERABLES CON ESPECIAL MENCIÓN AL ÁREA AFECTADA POR LA DANA

Agueda Bellver Domingo
Lledó Castellet Viciano
Francesc Hernández Sancho



Càtedra de
Transformació del
Model Econòmic
Economia Circular
en el Sector de l'Aigua



Índice

1. Introducción.....	3
2. Análisis del impacto de la DANA sobre el territorio de la Comunidad Valenciana: contexto y consecuencias.....	4
3. Importancia de la Economía Circular: Propuesta de mejoras en la eficiencia y competitividad del tejido productivo afectado por catástrofes naturales	9
3.1. Economía circular y simbiosis industrial como respuesta ante catástrofes naturales	12
3.2. Valoración de los beneficios derivados de un nuevo modelo económico basado en la economía circular	15
3.3. Barreras que dificultan la implementación de un modelo de producción circular	18
4. Análisis de viabilidad económica de proyectos de economía circular: Importancia de los planes de acción	22
4.1. Análisis de viabilidad económica	22
4.2. Importancia de los planes de acción.....	24
5.- Conclusiones	25
6.- Referencias	26

Índice de figuras

Figura 1. Cuantificación de las pérdidas personales y materiales provocadas por la DANA del 29 de octubre de 2024. Fuente: elaboración propia a partir de los datos aportados por la Generalitat Valenciana.....	5
Figura 2. Representación esquemática del modelo de producción y consumo lineal. Fuente: elaboración propia.....	10
Figura 3. Representación esquemática del modelo de producción y consumo circular, así como de la estructuración de un modelo de simbiosis industrial. Fuente: elaboración propia.....	11
Figura 4. Beneficios que obtiene el sector productivo cuando implementan acciones para conseguir un modelo de producción circular. Fuente: elaboración propia.....	12
Figura 5. Ámbitos de innovación donde es posible implementar la simbiosis industrial. Fuente: elaboración propia.....	13
Figura 6. Importancia de la digitalización en la implementación de la economía circular a través de los procesos de simbiosis industrial. Fuente: elaboración propia.....	14
Figura 7. Barreras que dificultan la implementación de la economía circular en los sectores productivos y en las zonas vulnerables. Fuente: elaboración propia.	18
Figura 8. Impactos de la DANA sobre el contexto social y urbano considerando su relevancia con respecto a la implementación de la economía circular. Fuente: elaboración propia a partir de Fekete et al. (2025)	21

1. Introducción

Los espacios territoriales vulnerables necesitan de un tejido productivo y económico robusto que les permita responder y adaptarse de forma rápida a los cambios generados en los eventos climáticos extremos. Los cambios en las condiciones climáticas modifican e intensifican los fenómenos naturales incrementando tanto su peligrosidad y como el riesgo latente para la población. Esta situación se ve condicionada por la ya complicada gestión de los recursos naturales, donde la presión generada sobre las fuentes de materias primas, la dependencia de los mercados exteriores y la dificultad de gestionar determinados tipos de residuos genera presiones adicionales a la hora de responder ante una catástrofe natural. Es en este punto donde la economía circular cobra especial importancia, ya que permite robustecer el sistema productivo y económico del territorio gracias a la puesta en valor de los productos primarios y secundarios obtenidos de fuentes cercanas.

Implementar la economía circular en condiciones normales es un proceso complejo y lento porque supone un cambio radical en la distribución del sistema productivo y económico. Se necesitan de cambios progresivos fomentados por las autoridades para que los sectores productivos implementen diferentes medidas de circularidad, modificando sus esquemas de producción. Sin embargo, los procesos de reconstrucción y recuperación de un territorio devastado por un desastre natural representan una oportunidad para implementar la economía circular como herramienta de empuje de la recuperación del tejido productivo (Fekete et al., 2025). En este estudio se analizará la situación del territorio valenciano después de la DANA del pasado 29 de octubre de 2024 con el fin de identificar las oportunidades y ventajas de la implementación de un modelo de economía circular como eje vertebrador de la recuperación del territorio ante una catástrofe natural.

2. Análisis del impacto de la DANA sobre el territorio de la Comunidad Valenciana: contexto y consecuencias

El pasado 29 de octubre de 2024 se produjo una depresión aislada de niveles altos (DANA) que afectó significativamente al territorio de la provincia de València. Concretamente, se vieron afectados 552 km² y 103 municipios, de los cuales más de 11 mil viviendas se vieron afectadas. Este fenómeno climático se origina por el descenso de una masa de aire frío sobre una masa de aire caliente, generando perturbaciones atmosféricas y fuertes precipitaciones en un corto periodo de tiempo (772 mm de lluvia en una hora en la estación pluviométrica de Turís). El territorio valenciano siempre ha estado sujeto a DANAs a lo largo de su historia, ya que las condiciones climáticas del mar Mediterráneo y el calor propio de la región afectan a la dinámica atmosférica conforme finaliza el verano y comienza el otoño. Sin embargo, la DANA del pasado año fue más fuerte de lo habitual debido al calentamiento excesivo del Mediterráneo y a los cambios en las condiciones climáticas que se están produciendo.

Al mismo tiempo cabe añadir que las condiciones geográficas y sociodemográficas de la provincia de València también tuvieron un impacto negativo sobre la dinámica de las lluvias torrenciales. Concretamente, esos 722 mm de lluvia que cayeron en Turís estuvieron sujetos a un gradiente de altura significativo ya que existe una diferencia de altura abrupta entre las montañas del interior y la costa valenciana. El resultado fue un incremento de la velocidad del agua que, unido a su gran volumen, supusieron prácticamente un tsunami interior que arrasó con todo lo que encontró a su paso.

Otro de los responsables de la incidencia de la DANA fue la antropización del suelo en zonas urbanas y carreteras (asfaltado) que evita la absorción del agua por parte del suelo y genera mayor velocidad por menor rozamiento. En el caso de las zonas de montaña, la incidencia de los incendios de los años anteriores también repercutió negativamente en la DANA en tanto que el suelo está menos cohesionado al no haber vegetación que lo sujeté. Este suelo se erosiona con el agua y genera una ola de fango y sedimento que acompaña a la precipitación, aumentando significativamente su peligrosidad.

Todos estos aspectos geográficos aumentaron el riesgo y la peligrosidad de la DANA para con la población susceptible. De hecho, desde un punto de vista sociodemográfico, las zonas más afectadas por la DANA son áreas con gran densidad poblacional, que albergan, además, un fuerte tejido empresarial que también se vio gravemente afectado por las inundaciones. Considerando la cartografía de riesgo de la Comunidad Valenciana se observa que prácticamente la totalidad de los municipios afectados están ubicados en zonas inundables, por lo que la ordenación territorial ha sido deficiente en este aspecto. En muchos casos ese riesgo de inundación era para una periodicidad de 500 años, pero este hecho no es excusa. Se deberían haber aplicado protocolos que aseguraran la seguridad de la población a través de la inversión en infraestructuras capaces de hacer frente a crecidas repentinas en el nivel del agua. Esto hubiera reducido la incidencia de la inundación y hubiera evitado las gravísimas pérdidas humanas acontecidas. Esta situación dió como resultado el fallecimiento de 229 personas y cuantiosísimas pérdidas económicas y estructurales cuantificadas en alrededor de 18MM€ (Figura 1).

DANA 29 de octubre de 2024			
Daños personales y sociales	Daños en infraestructuras	Daños en industria	Daños ambientales
<p>+300 mil personas afectadas y 229 fallecidos</p> <p>+11 mil viviendas afectadas, con unos costes de reposición de +475M€.</p> <p>Costes de reparación de ascensores de +160M€</p> <p>+141 mil vehículos afectados, cuyo coste es +1.218 M€</p> <p>+70M€ en daños en locales culturales, asociaciones deportivas y suspensión de eventos</p>	<p>Hidráulicas: +780M€ en reparación de cuencas, presas, EDARs y ETAPs</p> <p>Transporte: +675M€ en carreteras y red ferroviaria</p> <p>Telecomunicaciones y electricidad: +95M€</p> <p>Infraestructuras municipales: +258M€ en instalaciones educativas, deportivas y sanitarias y en activos de tipo urbano</p>	<p>PIB e IPC: 300 – 1.600M€ en el PIB del 4º trimestre de 2024. +0,15pp en el IPC a largo plazo</p> <p>Empresas: +150M€ en daños en activos, en inventario y en pérdidas por inactividad económica</p> <p>Empleo: 274.883 trabajadores afectados, con +33.165 trabajadores en ERTE y 374 trabajadores en ERE. Así como +34 mil autónomos afectados</p>	<p>Infraestructura verde: +132M€ en adecuación de pistas forestales, parques naturales, anillo verde, diques y otras infraestructuras de carácter ambiental</p> <p>Gestión de residuos: +25M€ en compra de maquinaria y 324M€ en recogida y gestión de residuos</p> <p>Coste total ~18MM€</p>

Figura 1. Cuantificación de las pérdidas personales y materiales provocadas por la DANA del 29 de octubre de 2024. Fuente: elaboración propia a partir de los datos aportados por la Generalitat Valenciana.

Desde un punto de vista macroeconómico, la devastación generada por la DANA ha provocado un aumento de la inflación debido al encarecimiento de los sectores clave para la economía valenciana: la agricultura, la vivienda, el sector servicios y la venta de vehículos de ocasión. Estos sectores han sufrido graves daños en su producción y activos que necesitan de un fuerte empuje para recuperarse, ya que, asimismo dependen de la población que también se ha visto gravemente afectada por la DANA.

El **sector agrario** es uno de los más afectados porque todo su inventario se encuentra en las zonas rurales afectadas directamente por la DANA, siendo uno de los sectores con mayor número de empleados en ERTE. Concretamente, cuenta con 1.310 empresas en la zona afectada, que suman unos daños de inventario de +322 M€ y +1.057 M€ en activo fijo. A esta situación se le suman diversos problemas estructurales que posee el sector que repercuten negativamente en su recuperación: como una resiliencia limitada, dificultad para acceder a indemnizaciones por falta de registros formales y una inversión en maquinaria y tecnificación limitada que reduce la competitividad de las explotaciones agrarias.

¿Qué lectura se obtiene de esta situación? La necesidad de reestructurar el sector agrario aprovechando su reconstrucción por los efectos de la DANA. Una mayor inversión en tecnificación sostenible y una promoción de la colaboración inter e intrasectorial puede ayudar a establecer redes consolidadas entre explotaciones, proveedores y consumidores que repercuta positivamente en el agricultor y el consumidor. **Esta necesidad de reconstrucción se convierte en una oportunidad de implementar la economía circular en el sector agrario y en otros sectores industriales afectados por la DANA,** considerando a esta catástrofe como punto de inflexión y renovación de las redes de comunicación y colaboración entre actores clave para la economía de la Comunidad Valenciana.

En el caso de las **empresas**, la zona afectada reúne +64 mil empresas, predominando el sector servicios (78% del total), seguido de la construcción (12%), industria (8%) y agrario (2%). En términos de empleo, el número de empleados afectados en la zona asciende hasta los +270 mil, con ~200 mil empleados en el sector de servicios. Los daños económicos sobre este sector se cuantifican en unos 11,6 MM€ de pérdidas en activos empresariales fijos y más de 2,3 MM€ de pérdidas en inventario. Esta situación

ha provocado el cierre de numerosos negocios ya que ha existido una falta de recursos para reconstruir la pérdida total de infraestructura. Desde un punto de vista económico, hacer frente a esta destrucción y poder reabrir los comercios supone incrementar las deudas a corto y largo plazo, provocando una ralentización en la reactivación del consumo. Es decir, este endeudamiento supone un riesgo para el empresario y para la sostenibilidad de los negocios, siendo en muchos casos una barrera insalvable para las pequeñas y medianas empresas.

La DANA ha debilitado el **tejido industrial** de tal manera que se han incrementado las barreras de entrada para nuevas inversiones, ya que los daños en activos industriales afectan a más de 78 parques, casi 3.000 naves, 25 km² de suelo industrial y a casi 4.000 empresas. Por otro lado, existe el riesgo del aumento en las primas de riesgo de los seguros o bien una limitación de coberturas asociadas a las medidas de prevención. Esta situación también se traslada a la banca, donde puede haber una mayor percepción del riesgo y, por lo tanto, una mayor dificultad de acceso al crédito con un incremento en las tasas y una reducción en los plazos de pago. La imagen del sector industrial de la zona puede verse afectada negativamente ya que se percibe como zona vulnerable, pudiendo desincentivar futuras inversiones. El resultado es un aumento significativo del periodo de recuperación, limitando su desarrollo económico tanto del sector industrial como de otros sectores directamente relacionados. Situación que aumenta, a su vez, el riesgo de abandono y/o traslado de las actividades industriales a otras zonas libres de peligro.

El **impacto de la DANA sobre otros sectores y ámbitos de la vida cotidiana** también ha sido significativo:

- En **educación**, ha afectado a más de 124 centros públicos (incluyendo colegios, institutos y conservatorios), obligando a suspender la actividad docente.
- Provocando importantes daños en más de 300 **infraestructuras urbanas**, como edificios administrativos, espacios turísticos y centros socioculturales. Concretamente, el impacto de la DANA sobre **asociaciones culturales** asciende a casi 21 M€, siendo las artes escénicas, las sociedades musicales y el gremio de libreros los más damnificados.

- En **sanidad**, ha causado daños a 61 centros de salud y consultorios auxiliares ubicados a pie de calle. Así mismo, ha habido problemas en el abastecimiento de medicamentos al verse afectados los inventarios de las farmacias. Por otro lado, las condiciones de **insalubridad** debidas a la descomposición de la materia orgánica presente en agua y fango, junto con la inactividad del sistema de alcantarillado (por la acumulación de fango y residuos) ha incrementado el riesgo de contraer enfermedades.
- En **transporte ferroviario** ha impactado sobre 566 km de líneas nacionales y cercanías, lo que supone el 74% del tejido ferroviario de la provincia de Valencia.
- En **infraestructuras viarias**, ha impactado sobre unos 820 km de carreteras, cuyos daños se cuantifican en 360 M€.
- Con respecto a los **edificios urbanos**, la DANA ha provocado la incomunicación de la población bien sea por la acumulación de escombros, barro y coches en las calles, como por la rotura de ascensores. Esto ha supuesto un grave impacto especialmente para las personas mayores o con algún tipo de discapacidad y/o problema de salud. Por otro lado, la totalidad de **parkings y garajes** de la zona afectada quedaron anegados, llegando a alcanzar el agua los 8 metros de altura con los consiguientes riesgos sobre la integridad de los edificios.
- La DANA también causó daños importantes en las **infraestructuras de telecomunicaciones**, dejando inoperativos servicios clave y la incomunicación de 300 mil usuarios. Se vieron afectadas antenas y torres de comunicación fruto de la disrupción en la red eléctrica, así como la inundación de varias centrales telefónicas dañando numerosísimos equipos de comunicación. Hubo más de 200 estaciones base de telefonía móvil que se quedaron fuera de servicio en decenas de municipios. Además, se produjo la rotura de los cables de fibra óptica troncales que conectan la provincia en 10 tramos críticos (uno de ellos fue la rotura de los cables situados en los dos puentes que cruzan el barranco de l'Horteta).

Otro aspecto fundamental relativo al impacto de la DANA sobre el territorio ha sido el **parón en el funcionamiento de los servicios básicos: agua, electricidad y gas**:

- **Agua.** La primera acción sobre el territorio fue garantizar que el agua abastecida fuera potable lo antes posible, favoreciendo el acceso de la población a cubetas de agua para llenar botellas. Esto se llevó a cabo como medida urgente mientras se llevaban a cabo los trabajos de adecuación de los servicios de abastecimiento y depuración, ya que el alcance del daño era de más de 600 mil personas. Estos trabajos se vieron ralentizados por la ausencia de electricidad, la cual afectó directamente a las estaciones de bombeo y a las infraestructuras de potabilización y depuración. Los daños económicos en las infraestructuras del ciclo integral del agua se cuantificaron en más de 784 M€, con daños en las redes de abastecimiento en alta, alcantarillado gravemente afectado, daños en 2 ETAPs (que sufrieron cortes en el suministro de agua debido a los problemas en los cauces), 123 EDARs (colmatadas por la cantidad de fango y materiales arrastrados), 2 presas (Buseo y Forata) y 350 km de cauces.
- **Electricidad y gas.** Para reestablecer la energía eléctrica fue necesario instalar equipos electrógenos a lo largo del territorio, para dar servicio a las más de 150 mil personas que se vieron afectadas por la ausencia de luz. Ha sido necesario reparar 35 torres de alta tensión y más de 20 km de líneas eléctricas; así como graves daños en las infraestructuras de distribución eléctrica cuantificados en 80M€ y más de 16 M€ en costes de reparación. Con respecto al abastecimiento de gas, el suministro se cortó de forma preventiva para evitar escapes y explosiones, ya que se produjo una bajada de presión significativa en el sistema. La reanudación del servicio de abastecimiento de gas necesita la garantía de la estanqueidad de la red, lo que supone la revisión del 100% del sistema de gas natural, lo cual afectó a más de 24 mil usuarios.

3. Importancia de la Economía Circular: Propuesta de mejoras en la eficiencia y competitividad del tejido productivo afectado por catástrofes naturales

El modelo productivo actual sigue un esquema unidireccional y lineal, donde los recursos naturales son extraídos y utilizados en los diferentes sistemas de producción

y, los residuos generados son desechados por el sistema y depositados en diversas ubicaciones. Este modelo lineal se ha fundamentado en la creencia de que los recursos naturales son ilimitados, por lo que el sistema económico siempre ha buscado la necesidad de consumir productos nuevos de forma constante. Esto genera un flujo continuo de extracción y generación de residuos que el sistema natural es incapaz de sostener, provocando situaciones de agotamiento de las fuentes de materias primas y diversos impactos ambientales generados por la elevada cantidad de residuos desechados al medio ambiente (Figura 1).

Como respuesta a esta situación surge el modelo de producción circular que busca reducir la presión sobre las fuentes de materias primas y la generación de productos de desecho. El resultado es un sistema de producción donde los subproductos de los diferentes procesos actúan de materias primas para otros actores, disminuyendo la dependencia externa y aumentando la robustez del sistema productivo (Figura 2). Esta interrelación entre las diferentes cadenas de producción con el objetivo de convertir los subproductos en “nuevas” materias primas en otros procesos de producción recibe el nombre concreto de **simbiosis industrial**.

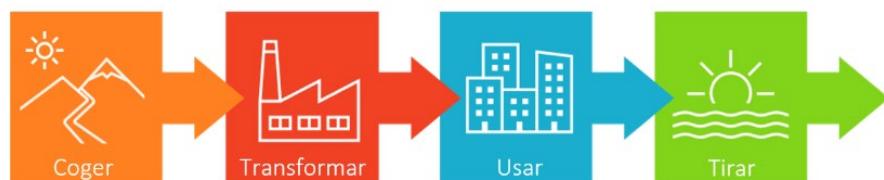


Figura 2. Representación esquemática del modelo de producción y consumo lineal.

Fuente: elaboración propia.

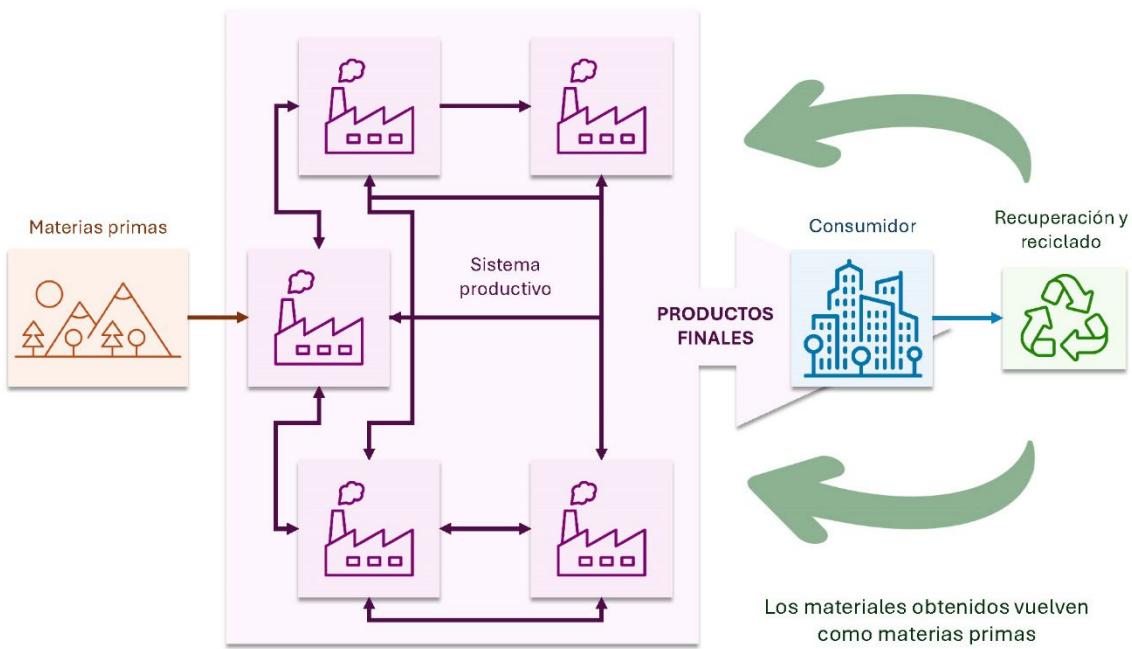


Figura 3. Representación esquemática del modelo de producción y consumo circular, así como de la estructuración de un modelo de simbiosis industrial. Fuente: elaboración propia.

La simbiosis industrial permite que las empresas y actores obtengan un beneficio mutuo gracias a las sinergias positivas generadas, ya sea desde el punto de vista económico, ambiental y/o social. De esta forma, los “ecosistemas industriales” pueden concebirse como un conjunto de procesos industriales estrechamente conectados donde los subproductos y los excedentes energéticos son utilizados como materias primas en otros procesos industriales; al igual que ocurre en un ecosistema real (Côté & Hall, 1995). Esta simbiosis puede ser entendida de diferentes maneras, no solo como el intercambio directo de subproductos sino como un modelo de negocio o como un intercambio de conocimiento, materiales e infraestructuras. Estas sinergias suponen una ventaja competitiva evidente que permite el desarrollo económico del territorio, fomentando su resiliencia y asegurando su sostenibilidad a corto, medio y largo plazo.

3.1. Economía circular y simbiosis industrial como respuesta ante catástrofes naturales

La implementación de un modelo de producción circular en el que se interrelacionan las materias primas con los productores, los consumidores y los gestores de residuos supone una reducción en los costes de producción y gestión. El resultado es un impacto positivo sobre la economía local y regional, así como un refuerzo del propio sistema económico, el cual se vuelve más resiliente ante las catástrofes naturales. Esto se consigue gracias a que la economía circular genera un valor adicional que garantiza una fuente constante de recursos duraderos, mercados donde el uso de materias primas es óptimo y fácilmente accesibles, ciclos de vida largos donde los productos son reparados y actualizados y, por último, cadenas de valor vinculadas que permiten la interacción y el intercambio de materias primas e información entre los diferentes actores para aprovechar de forma óptima los recursos y los residuos generados (Figura 3).

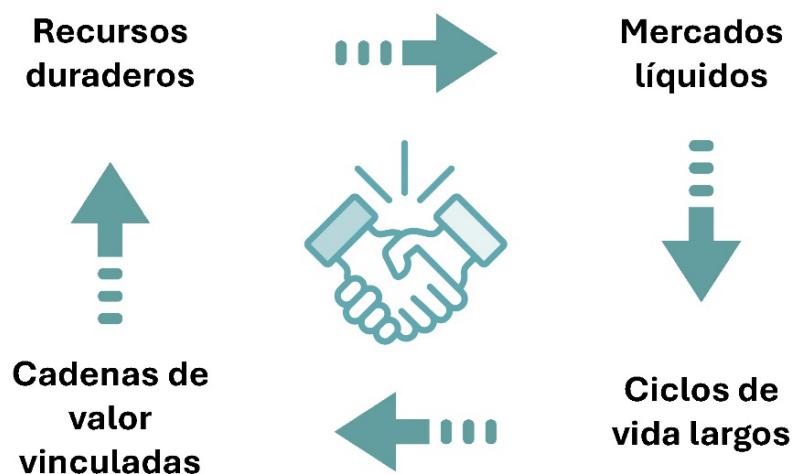


Figura 4. Beneficios que obtiene el sector productivo cuando implementan acciones para conseguir un modelo de producción circular. Fuente: elaboración propia.

Los beneficios que aporta la economía circular dentro del contexto de los sistemas productivos están estrechamente relacionados con los **aspectos clave que permiten la implementación de la simbiosis industrial**. El primero de ellos es la **innovación**, la cual puede afectar a diferentes ámbitos del sistema productivo, tal y como se recoge en la Figura 4. La ventaja de la innovación aplicada a los procesos productivos permite reducir el impacto ambiental y conseguir que los productos sean más competitivos en el mercado gracias a la diferenciación para con el resto de los competidores directos.

Esta diferenciación también tiene en cuenta las mejoras tecnológicas referentes a los procesos de reutilización y reciclaje de subproductos y de los productos que han alcanzado el final de su vida útil.

Por lo tanto, la innovación aplicada a la totalidad del proceso de producción y uso de los productos generados requiere de nuevas estrategias organizativas a nivel de empresa y de estructuración de los procesos de funcionamiento interno que consigan crear un mercado de oportunidades realistas entre productores y consumidores. Es decir, poniendo en relación actores cercanos en el propio territorio y consolidando la relación con los consumidores, asegurando su fidelidad a corto, medio y largo plazo (de Jesus y Mendonça, 2018).



Figura 5. Ámbitos de innovación donde es posible implementar la simbiosis industrial.
Fuente: elaboración propia.

El segundo de ellos es la **digitalización de los servicios y sectores productivos**, la cual se ha convertido en el motor de la producción sostenible gracias a que abarca todas las fases de los procesos de producción (Figura 5). Una correcta digitalización empieza en el ecodiseño del producto y/o servicio, sigue durante todo su proceso de producción analizando al detalle todas los materiales necesarios y subproductos generados, continua durante el uso del producto por parte del consumir, y finaliza al terminar su vida

útil, donde el objetivo será una gestión sostenible de los residuos generados (Geissdoerfer et al., 2017).

El impacto de la digitalización es tan grande que aquellas empresas que no implementan acciones destinadas a digitalizar todos sus procesos ponen en riesgo su competitividad y su posicionamiento en el mercado. Por lo tanto, potenciar la digitalización dentro de un enfoque de simbiosis industrial y economía circular asegura una mayor eficiencia en la recuperación y reciclado de materiales ya que los gestores conocen al detalle sus procesos de producción, así como las necesidades que presentan otros actores. Es decir, son capaces de identificar qué subproductos podrían ser usados como materias primas de otros sectores.



Figura 6. Importancia de la digitalización en la implementación de la economía circular a través de los procesos de simbiosis industrial. Fuente: elaboración propia.

Considerando a la economía circular como motor de recuperación en un territorio afectado por una catástrofe natural, se generan una serie de beneficios cuantificables que permiten ayudar a la población y a los actores productivos. El primero y más evidente es el **ahorro en los costes de las materias primas**, ya que la cercanía de las fuentes de materias primas reduce significativamente los costes de transporte. Además de este ahorro evidente en los costes, se genera también una mejora ambiental ya que las menores necesidades de transporte repercuten directamente en una menor contaminación ambiental. El segundo beneficio obtenido a través de la economía circular es la **mitigación en la subida de precios**. El consumo globalizado de las materias primas supone unos mayores costes y esfuerzos para obtener las cantidades

de materiales necesarios para mantener las cadenas de producción. Sin embargo, la implementación de la economía circular y la cercanía en las fuentes de materias primas permiten reducir el precio de los materiales ya que desaparece la incertidumbre en el suministro y la posible volatilidad del precio. De tal forma se consigue mantener la producción y reducir los costes del proceso en su conjunto.

Este beneficio se relaciona con otro punto fuente de la economía circular, que es la **reducción del riesgo en el suministro de materias primas**. El modelo actual de producción lineal genera incertidumbres en el suministro debido a la necesidad constante de materiales sin tener en cuenta la potencialidad de reciclaje existente en los residuos generados en los procesos de producción. Esta incertidumbre se ve potenciada en momentos de tensión política o climática, donde el sistema productivo es incapaz de mantener el nivel de producción previo a la catástrofe y necesita de ayuda adicional para recuperar sus dinámicas normales.

La implementación de la economía circular permite crear nuevas relaciones entre las empresas que se traducen en la garantía de suministro para los diferentes actores. Gracias a este nuevo esquema se consigue desvincular el crecimiento económico de la demanda de recursos naturales, lo cual genera un impacto positivo en la economía y en el medio ambiente a corto, medio y largo plazo. Esta **reducción en los impactos ambientales** es el último de los beneficios directos de la implementación de la economía circular en el territorio. La recirculación de materiales y subproductos reduce la necesidad de extracción de materias primas y fomenta el reciclaje y gestión de los residuos generados, dando como resultado un crecimiento económico resiliente ante cambios en las condiciones geopolíticas, así como fenómenos climáticos inesperados.

3.2. Valoración de los beneficios derivados de un nuevo modelo económico basado en la economía circular

El impacto de la economía circular sobre la dinámica del territorio y sus actores principales es evidente, ya que cambia radicalmente la forma en la que éstos se interrelacionan con su entorno más cercano. Esta influencia genera diversos tipos de beneficios cuantificables los cuales actúan como indicadores de idoneidad de dichos

cambios sobre el tejido productivo. Los indicadores obtenidos representan la relación existente entre las variables analizadas y los costes y beneficios de implementar la economía circular en los territorios vulnerables.

El objetivo es obtener una primera aproximación de la escalabilidad de las medidas de actuación necesarias para potenciar la circularidad entre los actores afectados por las adversidades climáticas. De tal forma que la información obtenida pueda ser considerada en los procesos de toma decisiones, permitiendo saber en qué grado afectarán los costes de no actuar y, al mismo tiempo, qué dinámica tendrán los beneficios ambientales y sociales derivados de implementar medidas de producción circular. Como resultado, los actores implicados son capaces de conocer el alcance de sus acciones y reforzar de forma positiva la implementación de la economía circular como potenciador del crecimiento económico en territorios vulnerables.

El estudio de los beneficios ambientales generados por la economía circular necesita de diversas metodologías que permitan estimar el valor ambiental del ahorro en materiales y la reducción de los residuos generados. Estas metodologías permiten elaborar diferentes escenarios donde proyectar diversas situaciones en función de los aspectos socioeconómicos y ambientales existentes en el territorio, los cuales se verán afectados por el cambio del modelo productivo. En la Tabla 1 se resumen los fundamentos teóricos de las principales metodologías de valoración disponibles. Estimar el beneficio ambiental del modelo circular de producción permite estimar el potencial que posee el territorio tras un evento climático extremo. Esto permite reducir la complejidad inherente a la modelización ambiental y garantiza que las medidas necesarias para implementar la circularidad se ajusten a las necesidades del territorio y de los actores en situación de vulnerabilidad.

Tabla 1. Fundamentos de las metodologías de valoración de los costes y beneficios ambientales y sociales aplicables a la implementación de la economía circular en territorios vulnerables. Fuente: elaboración propia.

Metodología	Aspectos fundamentales
Valoración contingente	Esta metodología valora los beneficios ambientales de las mejoras en la calidad de los ecosistemas en función del valor monetario que los usuarios estarían dispuestos a pagar o bien de

la cantidad económica que los usuarios estarían dispuestos a recibir en forma de compensación por la no corrección del impacto ambiental que se está generando. La ventaja de este método es que permite conocer la importancia que los usuarios le dan al ecosistema y a los impactos ambientales que se generan en su entorno más cercano.

**Métodos
Multicriterio**

Dentro de los métodos multicriterio se encuentra el AMUVAM (*Analytic Multicriteria Valuation Method*) el cual permite obtener el valor monetario de un activo ambiental a través del conocimiento de los expertos y de la utilización del valor directo de mercado que posea alguno de los servicios ecosistémicos implicados. Este método necesita de una correcta definición de los activos y servicios ambientales implicados, así como del impacto ambiental que se busca corregir.

**Curvas de
Demanda**

La finalidad de esta metodología es valorar un activo ambiental en base al mercado en el cual está integrado dependiendo de su uso y demanda a través de modelos econométricos y técnicas de programación matemática.

**Coste del
viaje**

El eje principal de este método es considerar la relación entre el tiempo que una persona utiliza para llegar a un lugar en concreto y el tiempo utilizado en el uso y disfrute de dicha área, teniendo en cuenta variables como la cantidad de combustible necesaria, la distancia y la frecuencia de visita, entre otros. Este método está fuertemente relacionado con el coste de oportunidad ya que el usuario renuncia a disfrutar de otro tipo de actividad de ocio para desplazarse hasta un espacio natural y disfrutar de su existencia.

**Precios
hedónicos**

Los precios hedónicos se fundamentan en el análisis de los atributos que poseen los bienes de un mercado determinado que están siendo afectados por una variable hedónica. Como resultado se obtiene la influencia que cada uno de estos atributos posee sobre el valor monetario del activo ambiental que está siendo analizado.

**Choice
experiment**

Este método plantea diferentes escenarios que permiten evaluar los activos ambientales analizados en función de sus características y de si se están aplicando acciones para mitigar los impactos ambientales generados.

**Precios
sombra**

Los precios sombra permiten cuantificar el valor monetario de los subproductos generados en los procesos de producción y que carecen de un mercado que pueda fijar su precio a partir de la demanda. Los subproductos considerados generan impacto ambiental y el cálculo de su valor monetario permite cuantificar el

coste que tendrían para la población y para el medio ambiente no actuar para corregir esta situación. Esta metodología permite obtener un valor monetario robusto basado en la econometría y la programación matemática.

3.3. Barreras que dificultan la implementación de un modelo de producción circular

La transformación de un modelo de producción lineal a uno circular supone un gran cambio para los sectores económicos ya que implica cambiar las fuentes de materias primas, adecuar el diseño y producción de los productos y mejorar las etapas de gestión de los residuos y su aprovechamiento. Por esta razón la transición hacia la economía circular no está exenta de barreras que han de ser detectadas y analizadas con el fin de establecer las estrategias adecuadas para solucionarlas. Las barreras para la implementación de la economía circular se pueden agrupar en cuatro áreas fuertemente relacionadas entre sí: i) barreras tecnológicas, ii) barreras financieras, iii) barreras políticas y, iv) barreras sociales y culturales (Figura 6).



Figura 7. Barreras que dificultan la implementación de la economía circular en los sectores productivos y en las zonas vulnerables. Fuente: elaboración propia.

Las **barreras tecnológicas** son aquellas relacionadas con el nivel tecnológico disponible en el área de influencia de la economía circular. La tecnología es la que va a

permitir una transición efectiva hacia la circularidad, optimizando tanto los procesos productivos como la gestión de los datos obtenidos. Esta barrera se vuelve más restrictiva en las zonas vulnerables que se han visto afectadas por algún desastre natural, ya que las empresas han sufrido daños en sus procesos productivos y pérdidas económicas relativas a la destrucción de los materiales de fabricación además del impacto en el stock del producto. Solucionar esta situación pasa por realizar fuertes inversiones en control de procesos, gestión de información, análisis de riesgos y compra de equipamiento que puede suponer un esfuerzo excesivo para aquellos actores cuyas pérdidas materiales y económicas han sido elevadas (Grafström and Aasma, 2021).

Las barreras relativas al **ámbito económico y financiero** son aquellas relacionadas con la amortización de las inversiones necesarias para adaptar el proceso productivo a las nuevas materias primas obtenidas de la simbiosis con otras empresas, así como de las inversiones necesarias para mejorar los procesos de reciclaje de los subproductos que van a ser utilizados como materias primas por otros actores. En este punto, la empresa debe garantizar la calidad y la cantidad del subproducto mejorando la eficiencia en el reciclado y recuperación de los componentes que conforman el subproducto.

Estos aspectos se traducen en un sobrecoste para la empresa que, si bien a medio y largo plazo será amortizado, en un momento inicial supone una barrera significativa que puede dificultar la transición hacia la circularidad. Por otro lado, el nuevo mercado de los subproductos es vital para la simbiosis y el mantenimiento del modelo circular de producción, de tal forma que debe potenciar tanto la presencia y disponibilidad de los nuevos recursos como la interconexión entre los actores para desarrollar la demanda de materiales.

Otro de los aspectos que supone una barrera económica es la comparación entre el coste de las materias primas “nuevas” frente al coste de los subproductos. Es evidente que una mayor tecnificación asociada a la gestión, adecuación y manipulación de los materiales reutilizados, reciclados y recuperados se traduce en un mayor coste. Sin embargo, puede ser disuasorio para las empresas adaptar este modelo de circularidad si el coste de las materias primas “nuevas” es mucho menor. Esta barrera ha de ser debidamente identificada con tal de asegurar la adopción de un modelo circular de

producción, ya que para las empresas de menor tamaño puede suponer un coste inasumible.

Desde el punto de vista de la amortización de costes, una herramienta para superar esta barrera y poner en valor los subproductos reciclados consiste en internalizar el valor de las externalidades ambientales en el precio de los materiales “nuevos”. La inclusión del valor del impacto ambiental aumenta el coste de estas materias primas haciendo atractivos los materiales reutilizados, reciclados y recuperados (Mhatre et al., 2021).

Las barreras directamente relacionadas con **cuestiones políticas** son aquellas que muestran las dificultades de cambiar el modelo de producción lineal a uno circular, ya que todo el sistema geopolítico está fundamentado en dicha linealidad. Es por esta razón por la que, con el fin de implementar nuevas estrategias más sostenibles basadas en la economía circular, es necesaria una reestructuración de carácter amplio. Las decisiones políticas y reguladoras asociadas a la implementación de un modelo de producción circular tienen consecuencias tanto para los productores como para los consumidores.

Esto supone la necesidad de crear instrumentos que promuevan e incentiven el desarrollo de alternativas innovadoras que potencien la eficiencia de los procesos. O bien, establecer penalizaciones económicas para aquellos procesos con un mayor nivel de ineficiencia. Ambas situaciones modificarán el comportamiento de los productores y de los consumidores, los cuales buscarán una mayor eficiencia, un precio competitivo y un producto duradero y de calidad.

Otro aspecto limitador de la implementación de la economía circular en los procesos de producción es el nivel de competencia que existe en los diferentes países. La fragmentación en la regulación ambiental y económica dificulta el establecimiento de un modelo de producción circular basado en la integración intra e intersectorial. Por lo tanto, desde las administraciones públicas se debe trabajar en mejorar y simplificar la gestión económica y ambiental con el fin de permitir un nuevo modelo de gestión de recursos y residuos, así como un adecuado flujo de comunicación entre diferentes sectores y actores económicos a todos los niveles (Zhu et al., 2015).

Por último, las **barreras sociales y culturales** van de la mano de las restricciones anteriores al mismo tiempo que tienen una fuerte dependencia de las condiciones ambientales del territorio. Ha de tenerse en cuenta que, una degradación en las condiciones ambientales fruto del modelo actual de producción y consumo repercute directamente en las personas, afectando a su salud y valores culturales. Por lo tanto, la sociedad puede suponer una barrera adicional para implementar la economía circular en los procesos productivos, en tanto que deben considerarse sus preferencias, sus hábitos y su bienestar en el establecimiento de la circularidad. Un consumidor informado es un consumidor consciente ante la dinámica de los nuevos mercados y las consecuencias de las nuevas condiciones climáticas, incrementando el valor de los materiales reutilizados, reciclados y recuperados utilizados en las cadenas de producción (Camacho-Otero et al., 2018).

La identificación de estas barreras es fundamental para la implementación de la economía circular en el territorio, siendo todavía más relevantes en aquellas zonas afectadas por la DANA. En este caso, no solo existen estas cuatro barreras comentadas anteriormente, sino que, además, existen numerosísimas barreras sociales y de infraestructura que deben ser salvadas para utilizar la economía circular como motor de recuperación y cambio (Fekete et al., 2025), tal y como se recoge en la Figura 8.

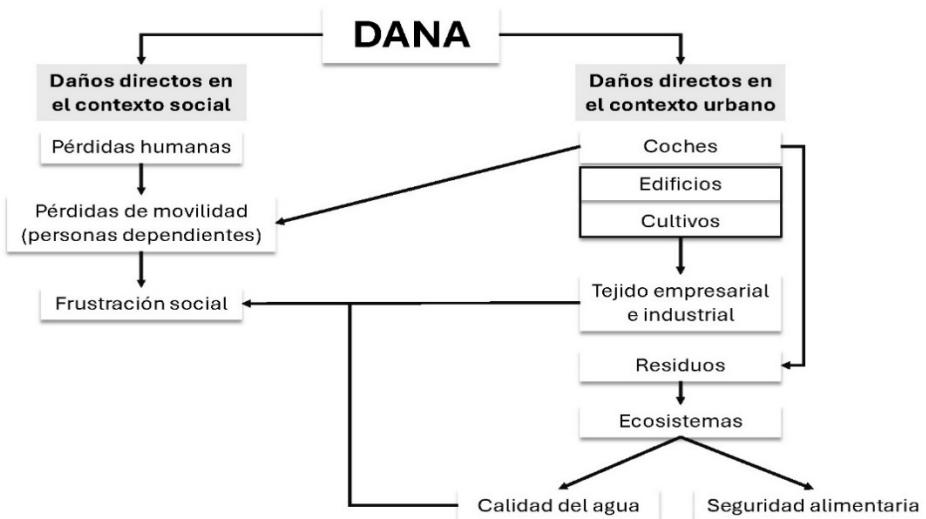


Figura 8. Impactos de la DANA sobre el contexto social y urbano considerando su relevancia con respecto a la implementación de la economía circular. Fuente: elaboración propia a partir de Fekete et al. (2025)

Las pérdidas humanas y de movilidad generan malestar y frustración social que deben ser abordados adecuadamente ya que impiden, a corto y medio plazo, que las personas quieran emprender la recuperación económica fruto de la magnitud de la tragedia.

Por otro lado, los daños en el contexto urbano (vehículos, edificios y cultivos) generan grandes perjuicios en tanto que su corrección requiere de un gran esfuerzo económico (el cual depende de las ayudas públicas y de las compensaciones del consorcio de seguros). Esta situación, unida con la ardua tarea de gestión de todos los residuos generados (que a fecha de hoy todavía se está llevando a cabo), incrementa el malestar social. Por lo tanto, para conseguir la recuperación económica del territorio y aprovechar para implementar la economía circular en el nuevo tejido económico y productivo se debe salvaguardar a la población y ayudar de forma efectiva a los actores estratégicos del territorio para que puedan abordar estas barreras y conseguir comenzar de nuevo con su actividad económica.

4. Análisis de viabilidad económica de proyectos de economía circular: Importancia de los planes de acción

4.1. Análisis de viabilidad económica

Para demostrar la viabilidad económica y la sostenibilidad de las posibles acciones innovadoras propuestas, se requerirá el diseño de diferentes escenarios (varios niveles de inversión e ingresos y gastos esperados) y la elaboración de una hoja de ruta considerando criterios de escalabilidad. Las fases para desarrollar estarán debidamente caracterizadas de forma rigurosa y realista para garantizar la rentabilidad real de las actuaciones en un mercado competitivo, y, para la aplicación de posibles créditos o subvenciones e incluso para la captación de nuevos clientes. Se recomienda el uso de una herramienta de ayuda sencilla para facilitar la implementación de un plan de acción y apoyar la toma de decisiones.

En concreto, para analizar la viabilidad económica de cualquier actuación propuesta se utilizará la metodología basada en el Análisis Coste-Beneficio. El uso de este enfoque nos permitirá conocer en detalle todos los costes de inversión (CAPEX) y los costes de operación (OPEX) asociados a la posible tecnología propuesta. Se puede plantear el uso

de un software especializado que podría facilitar una estimación de costes considerando diversos escenarios según los requerimientos de cada caso específico. A su vez, resulta recomendable el uso de funciones de coste con el fin de identificar la influencia de diferentes factores, internos y externos, en la determinación del coste total de la inversión propuesta y que servirán para demostrar la sostenibilidad económica del proyecto. Conviene tener en cuenta que los costes y beneficios esperados deben ser abordados desde un punto de vista dinámico considerando diversos escenarios bajo incertidumbre.

La demostración de la sostenibilidad de cualquier actuación propuesta se puede abordar en dos fases. La primera consistirá en evaluar la propuesta a escala piloto, y la segunda se centrará en analizar la escalabilidad y sus efectos sobre los costes y beneficios esperados. Es importante identificar la existencia de economías de escala y cuantificar sus efectos en términos de reducción de costes unitarios. Los costes de implementación, tanto de inversión como de operación, de las actuaciones de economía circular se incluirán en el análisis de sostenibilidad. La reducción del coste por un menor consumo de energía y materiales se podrá analizar mediante un software de simulación que ofrezca datos comparativos entre diferentes alternativas y cómo esto influye en los costes operativos y de inversión de un proceso más eficiente. Estos resultados proporcionarán argumentos económicos atractivos para los usuarios potenciales del proyecto.

Se recomienda el uso de sistemas avanzados de apoyo a la decisión (ADSS) como herramientas eficaces para evaluar no sólo la viabilidad de cualquier actuación propuesta, sino también la comparación entre las diferentes opciones. El resultado de la ADSS permite evaluar y recomendar buenas prácticas para mejorar la eficiencia de los diferentes procesos. Esta herramienta también facilita la comparación entre soluciones tecnológicas alternativas en términos de viabilidad y sostenibilidad.

En suma, para impulsar la transición hacia un modelo basado en la economía circular será necesario dotar a los actores clave de las habilidades y conocimientos necesarios para evaluar el impacto de cualquier actuación innovadora especialmente en términos de sostenibilidad y competitividad de las empresas.

4.2. Importancia de los planes de acción

La accesibilidad a la información, los programas de formación y los procesos de participación serán clave para la aceptación social de un nuevo modelo económico basado en la economía circular. El uso de herramientas de digitalización facilitará el proceso de transición. Mediante los análisis de viabilidad anteriormente descritos se podrá demostrar que la economía circular es una oportunidad de negocio y no va en detrimento de la competitividad. Ello contribuirá a romper las barreras de inmovilidad que están tan presentes en la sociedad. Se trata de diseñar nuevos procesos industriales que sean viables y sostenibles y mejoren la competitividad de las empresas, siempre en un entorno legislativo favorable.

Se requiere un plan de acción con el fin de demostrar la viabilidad de proyectos de economía circular en el ámbito de la reutilización del agua regenerada y en procesos de simbiosis industrial en el ámbito de un área territorial especialmente vulnerable. Se tendrán en cuenta los ahorros considerables en el uso de recursos habitualmente escasos, así como evitar elevados daños ambientales en forma de contaminación de masas de agua, eliminación de vertederos y reducción de emisiones. Todo ello garantizando la eficiencia de los procesos y la sostenibilidad y competitividad de los proyectos propuestos. Mediante las acciones que integran el plan de acción se pretende superar con éxito las barreras que surgen a la hora de implementar una transición hacia la circularidad. Se plantea también fortalecer las habilidades y conocimientos necesarios para la implementación de proyectos de reutilización de agua y simbiosis industrial, así como la cuantificación monetaria de los impactos económicos, sociales y ambientales de las acciones propuestas, asegurando una transición sostenible y evitando externalidades negativas. Se trata de demostrar la viabilidad, sostenibilidad y competitividad de los modelos de negocio basados en la economía circular. Las actividades de formación y educación apoyarán la mejora de las propuestas y ayudarán a identificar las oportunidades de mercado.

El papel de la economía circular adquiere especial importancia en el sector del agua debido a los problemas de escasez y contaminación de estos recursos. La reutilización del agua representa un recurso hídrico alternativo que asegura la disponibilidad de agua

y al mismo tiempo reduce la presión sobre las masas de agua, garantizando su sostenibilidad. Además, las aguas residuales contienen nutrientes, como nitrógeno y fósforo, y materia orgánica que podría recuperarse para obtener beneficios. Habitualmente, en cuanto a la generación de recursos se pueden identificar tres vectores:

Vector Agua: el agua recuperada podría utilizarse con fines agrícolas, urbanos, industriales, recreativos, ambientales y acuícolas; **Vector de recursos:** Los lodos generados podrían utilizarse en el sector agrícola, ya sea para recuperar suelos o como fertilizante. También se podrían recuperar arenas para darles un segundo uso, así como las escorias y grasas generadas en el proceso de tratamiento de aguas residuales; **Vector Energético:** Las plantas de tratamiento de aguas residuales pueden generar energía limpia a partir de cogeneración. Esta energía puede utilizarse en el propio proceso o inyectarse a la red eléctrica, reduciendo las emisiones de CO₂.

Por un lado, la industria puede aprovechar el agua regenerada para sus procesos productivos reduciendo la extracción de agua dulce de los acuíferos y rebajando el impacto del estrés hídrico. Por otro, el sector agrícola puede utilizar los lodos generados, así como los fertilizantes obtenidos a partir de nitrógeno y fósforo, además, el agua regenerada representa una fuente hídrica no convencional para satisfacer la demanda de los cultivos. A nivel ambiental, la reutilización del agua garantiza los caudales ecológicos, constituye un riego planificado en zonas forestales, recuperando ecosistemas (humedales) o favoreciendo la recuperación de acuíferos mediante infiltración. En el marco de la economía circular, las necesidades agrícolas, industriales y urbanas son usuarias potenciales de los subproductos generados. Además, los procesos de simbiosis industrial permiten la conversión de residuos en recursos con el consiguiente impacto favorable en la eficiencia de los procesos y en la competitividad de las empresas.

5.- Conclusiones

Un desastre natural supone un evento abrupto que, pese a la gravedad en cuanto a pérdidas humanas y materiales, debe ser considerado como un punto de inflexión y

cambio de las condiciones antropogénicas del territorio, buscando generar nuevas sinergias socioeconómicas e impactos ambientales positivos a corto, medio y largo plazo. La vulnerabilidad del territorio depende de sus condiciones de desarrollo urbano y su grado de adaptabilidad al medio natural que lo rodea. Por lo tanto, reconstruir una zona afectada gravemente por un desastre natural como la DANA acaecida el pasado 29 de octubre de 2024 no solo necesita de fuertes inversiones para la reconstrucción de las infraestructuras y del tejido productivo, sino que necesita también actuaciones centradas en implementar la economía circular en dicho tejido productivo para incrementar las sinergias y la resiliencia ante posibles nuevos eventos catastróficos en el futuro.

La economía circular surge como oportunidad de cambio, buscando el máximo aprovechamiento de las materias primas y de los subproductos generados en los procesos de producción. Estas potencialidades permiten reducir la dependencia que tienen los actores económicos de los recursos externos poniendo en valor los productos cercanos y ayudando a los actores más modestos a revalorizar sus procesos productivos. Este estudio busca mostrar de qué manera puede influir la economía circular en un área afectada por un grave evento climático, demostrando que existe espacio para el cambio. Se han analizado las barreras que presenta la economía circular, en tanto que se debe generar un espacio sociopolítico favorable para entender la necesidad de interrelacionar a todos los actores y buscar la revalorización de los materiales y subproductos disponibles en el territorio afectado y áreas cercanas. El objetivo final es la recuperación económica del territorio, y, además, la mejora del bienestar de la población para poder hacer frente a la desolación que genera un evento climático catastrófico.

6.- Referencias

Abu- Ghunmi , D.; Abu- Ghunmi , L.; Kayal, B.; Bino, A. La economía circular y el costo de oportunidad de no "cerrar el círculo" de la industria del agua: el caso de Jordania. *J. Limpio. Pinchar.* 2016, 131, 228–236.

Baas, L. (2011). Planificación y descubrimiento de la simbiosis industrial: comparando las regiones de Rotterdam y Östergötland. *Estrategia empresarial y medio ambiente*, 20(7), 428-440.

Bouwman, H., de Reuver , M. y Shahrokh, N. (2017), “El impacto de la digitalización en los modelos de negocio: cómo los artefactos de TI, las redes sociales y los grandes datos obligan a las empresas a innovar en su modelo de negocio”, 14^a Conferencia Internacional de Telecomunicaciones Society (ITS) Conferencia Regional Asia-Pacífico, Kyoto, 24-27 de junio.

Brennen, JS y Kreiss, D. (2016), “Digitalización”, en Jensen, KB, Rothenbuhler, EW, Pooley, JD y Craig, RT (Eds), *The International Encyclopedia of Communication Theory and Philosophy*, Wiley-Blackwell, Chichester , págs. 556-566.

Camacho-Otero, J., Boks, C. and Pettersen, I. N. (2018). Consumption in the circular economy: A literature review, *Sustainability*, 10, 2758.

CEPS: Centro de Estudios de Política Europea (2012), ¿Qué modelo económico para una Europa eficiente en el uso del agua? Informe del grupo de trabajo CEPS.

Chertow , Señor (2000). Simbiosis industrial: literatura y taxonomía. *Revisión anual de energía y medio ambiente*, 25(1), 313-337.

Christis , M., Athanassiadis , A. y Vercalsteren , A. (2019). Implementación a nivel de ciudad de estrategias de economía circular y mitigación del cambio climático: el caso de Bruselas. *Revista de Producción Más Limpia*, 218

Comisión Europea (2014) Hacia una economía circular: un programa de residuos cero para Europa

Côté, R. y Hall, J. (1995). Los parques industriales como ecosistemas. *Revista de Producción Más Limpia*, 3(1), 41-46. [https://doi.org/10.1016/0959-6526\(95\)00041-C](https://doi.org/10.1016/0959-6526(95)00041-C)

Côté, R., & Hall, J. (1995). Industrial parks as ecosystems. *Journal of Cleaner Production*, 3(1), 41-46.

de Jesus, A. and Mendonça, S. (2018). Lost in Transition? Drivers and Barriers in the Eco-innovation Road to the Circular Economy, *Ecological Economics*, 145, 75-89.

Domenech, T., Bleischwitz , R., Doranova , A., Panayotopoulos , D. y Roman , L. (2019). Mapeo del desarrollo de la simbiosis industrial en Europa: tipologías de redes, características, desempeño y contribución a la economía circular. *Recursos, Conservación y Reciclaje*, 141, 76-98. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.016>

- Fekete, A., Estrany, J. & Ramírez, M.Á.A. (2025). Cascading impact chains and recovery challenges of the 2024 Valencia catastrophic floods. *Discov Sustain* 6, 586.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P. and Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-68.
- Ghisellini , P., Cialani , C. y Ulgiati, S. (2016). Una revisión sobre la economía circular: la transición esperada hacia una interacción equilibrada de los sistemas ambientales y económicos. *Diario de Limpiaor Producción*, 114.
- Grafström, J. and Aasma, S. (2021). Breaking circular economy barriers, *Journal of Cleaner Production*, 292, 126002.
- Guerra-Rodríguez, S., Oulego, P., Rodríguez, E., Singh, DN, & Rodríguez-Chueca, J. (2020). Hacia la implementación de la economía circular en el sector de las aguas residuales: Retos y oportunidades. *Aqua*, 12(5), 1431.
- Iglesias, R., Ortega, E., Batanero, G., & Quintas, L. (2010). Reutilización del agua en España: visión general de datos y estimación de costes de trenes de tratamiento adecuados. *Desalinización*, 263(1-3), 1-10.
- Jacobsen, NB (2006). Simbiosis industrial en Kalundborg , Dinamarca: una evaluación cuantitativa de los aspectos económicos y ambientales. *Revista de Ecología Industrial*, 10(1 - 2), 239-255.
- Johnsen, IH, Berlina, A., Lindberg, G., Teräs , J., Smed Olsen, L. y Mikkola, N. (2015). El potencial de la simbiosis industrial como motor clave del crecimiento verde en las regiones nórdicas.
- Lansiti , M. y Lakhani, KR (2020). Competir en la era de la IA: estrategia y liderazgo cuando los algoritmos y las redes gobiernan el mundo. Prensa empresarial de Harvard.
- Lerch, C. y Gotsch, M. (2015), “Sistemas de productos-servicios digitalizados en empresas manufactureras: un análisis de un estudio de caso”, *Research-Technology Management*, vol. 58 núm. 5, 45-52.
- Loebbecke , C. y Picot, A. (2015), “Reflexiones sobre la transformación de los modelos sociales y de negocio derivadas de la digitalización y el análisis de big data: una agenda de investigación”, *Journal of Strategic Information Systems*, vol. 24 N° 3, págs. 149-157.
- Lombardi, DR y Laybourn, P. (2012). Redefiniendo la simbiosis industrial: cruzando las fronteras entre académicos y profesionales. *Revista de Ecología Industrial*, 16(1), 28-37.

Marchi, B., Zanoni , S. y Zavanella , LE (2017). Simbiosis entre sistemas industriales, servicios públicos e instalaciones de servicios públicos para impulsar la eficiencia energética y de los recursos. Procedia energética, 128, 544-550. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.006>

Marcon , E., Marcon , A., Le Dain , MA, Ayala, NF, Frank, AG y Matthieu , J. (2019). Barreras para la digitalización de la servitización . Procedia CIRP, 83, 254-259.

Marconi, M., Gregori, F., Germani, M., Papetti, A. y Favi, C. (2018). Una aproximación para favorecer la simbiosis industrial: el caso de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. procedimiento Fabricación, 21, 502-509. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.150>

Mhatre, P., Panchal, R., Singh, A. and Bibyan, S. (2021). A systematic literature review on the circular economy initiatives in the European Union, Sustainable Production and Consumption, 26, 187-202.

Ministerio para la Transformación Ecológica y el Reto Demográfico. Estrategia Española de Economía Circular y Planes de Acción. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/estrategia/>

Paquin, RL y Howard-Grenville, J. (2012). La evolución de la simbiosis industrial facilitada. Revista de Ecología Industrial, 16(1), 83-93. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00437.x>

Paulus-Rohmer, D., Schatton , H. y Bauernhansl , T. (2016), “Ecosistemas, estrategia y modelos de negocio en la era de la digitalización: cómo la industria manufacturera va a cambiar su lógica”, Procedia CRIP, vol. 57 No. 2016, págs. 8-13.

Sánchez Levoso , A., Gasol, CM, Martínez-Blanco, J., Durany , XG, Lehmann, M., Gaya, RF, 2020. Marco metodológico para la implementación de la economía circular en sistemas urbanos, J. Clean. Pinchar. 248, 119227.

Tseng, M., Tan, RR, Chiu, ASF, Chien, C. y Kuo, TC (2018). La economía circular se encuentra con la industria 4.0: ¿Pueden los big data impulsar la simbiosis industrial? Recursos, Conservación y Reciclaje, 131, 146-147. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.12.028>

Turcu, C. y Gillie, H. (2020). Gobernar la economía circular en la ciudad: práctica de planificación local en Londres . Nulo, 35(1), 62-85.

Unruh, G. y Kiron, D. (2017), “Transformación digital a propósito”, MIT Sloan Management Review, Nv 6

Zajac, P., Avdiushchenko , A., 2020. El impacto de la conversión de residuos en recursos en la economía regional, evidencia de Polonia, Ecol. Modelo . 437, 109299.

Zhu, Q., Geng, Y., Sarkis, J. and Lai, K. (2015). Barriers to promoting eco-industrial parks development in China: Perspectives from senior officials at national industrial parks, *Journal of Industrial Ecology*, 19, 457-67.