

TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y SOSTENIBILIDAD: UN ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE LAS EMPRESAS INDUSTRIALES ESPAÑOLAS

PAULA SÁEZ RODRÍGUEZ

MICAELA MARTÍNEZ COSTA

Universidad de Murcia

GABRIEL CEPEDA

Universidad de Sevilla

En el entorno empresarial actual, la transformación digital (TD) es una de las claves para la innovación y la obtención de ventajas competitivas sostenibles que permitirán a las empresas adaptarse a los cambios y sobrevivir en el mercado (Ferreira *et al.*, 2019). Por ello, en los últimos años se aprecia un crecimiento de aspectos como el Big Data, la inteligencia artificial o el blockchain por parte de las empresas industriales, y cierta presión hacia la TD y la Industria 4.0. en el entorno en que se mueven las empresas españolas.

La TD llega a implicar cambios profundos en la gestión empresarial. Las empresas, durante su desarrollo, necesitan cambiar aspectos de su liderazgo y de su funcionamiento, así como contar con el compromiso y la participación activa de sus grupos de interés, como pueden ser sus clientes y socios. La transformación digital es muy necesaria en las empresas industriales españolas. En este sentido, desde el año 2017, se lleva a cabo por parte del Gobierno de España el Programa Activa Industria 4.0, una iniciativa cuya finalidad es proporcionar a las empresas industriales españolas formación y financiación en materia de transformación digital y adopción de nuevas tecnologías. Las empresas deben, por tanto, transitar desde modelos de negocio tradicionales a modelos digitales, donde se ofrezcan otros servicios y funciones complementarias posibles a partir de la TD (Correani *et al.*, 2020), ya que de no hacerlo y dada la situación del entorno empresarial, se encontrarán en una situación de desventaja competitiva en el mercado, con claras consecuencias negativas como pueden ser la

pérdida de ingresos y/o la disminución de su cuota de mercado.

Además, la TD también cuenta, con un papel clave a la hora de desarrollar la sostenibilidad de la cadena de suministro (Luthra *et al.*, 2020), ya que la adopción de un enfoque digital o ambiental, se relaciona positivamente con la actividad innovadora tanto de producto como de proceso (Ardito *et al.*, 2021). Despeisse *et al.* (2022), identifican que la digitalización puede ayudar a las organizaciones a alcanzar sus objetivos (aumentar la eficiencia de recursos y reducir el impacto ambiental, fomentar la integración activa del concepto de sostenibilidad en la empresa, para que este contribuya en su desempeño...). La tecnología puede ser utilizada para idear nuevos procesos de fabricación sostenible (Broccardo *et al.*, 2023), que pueden facilitar a las empresas alcanzar el grado de eficiencia necesario para poder mejorar su desempeño ambiental y sus ganancias financieras (Afum *et al.*, 2020). Asimismo, la TD puede promover la reducción significativa de la huella de

carbón de las empresas a través de la implantación de algunas tecnologías, como aquellas enfocadas en controlar la contaminación (Shang *et al.*, 2023).

Sin embargo, la investigación realizada sobre la convergencia entre ambos campos se encuentra en el inicio de su etapa de desarrollo (Despeisse *et al.*, 2022) y aún no existen evidencias claras acerca de las sinergias entre la transformación digital y el desempeño medioambiental (Li, 2022).

El objetivo del presente estudio de investigación es ilustrar la situación actual de las empresas industriales españolas en relación con la transformación digital y la sostenibilidad, lo que proporcionará información de interés para académicos y profesionales.

La estructura de este trabajo es la siguiente. La sección de revisión de la literatura contextualiza los conceptos de transformación digital y sostenibilidad ambiental en las empresas. A continuación, se describe la metodología utilizada para la realización del presente estudio y se presentan los resultados. La sección final, discute y analiza los resultados obtenidos, así como presenta las conclusiones del estudio, identifica sus limitaciones, y propone recomendaciones y una futura línea de investigación.

REVISIÓN DE LA LITERATURA ↓

Aproximación a la transformación digital de las empresas. ↓

Dado que no existe una única definición de TD, es difícil delimitar completamente este concepto (Kraus *et al.*, 2021). Autores como Alt (2018) y Esteller-Cucala (2020) utilizan como sinónimos los conceptos de digitación/digitalización o digitalización/ transformación digital, respectivamente. Sin embargo, otros autores (Chanias & Hess, 2016; Legner *et al.*, 2017; Verhoef *et al.*, 2021), consideran que no son el mismo fenómeno, ya que cada uno de ellos, identifica y describe una fase diferente de la aplicación de la TD (Verhoef *et al.*, 2021).

En la literatura, se ha definido el concepto de **digitación** como el acceso a datos analógicos que se han convertido al formato digital (Verhoef *et al.*, 2021). Permitiendo así el acceso y transmisión de la información de forma más ágil, así como contribuyendo a su eficiencia operativa o a la minimización de errores (Gobble, 2018). Por lo tanto, su implementación ayuda al procesamiento de la documentación interna y externa de la empresa, a través del uso de herramientas como los formularios digitales, u otro tipo de aplicaciones digitales en, por ejemplo, los procesos de pedidos (Verhoef *et al.*, 2021).

Al contrario de la digitación, la **digitalización** va un paso más allá, ya que utiliza las tecnologías digitales integrándolas en los procesos de negocio existentes (Ritter & Pedersen, 2020) con el fin de mejorar o transformar ciertos procesos de la empresa (Verhoef *et al.*, 2021, Vrana & Singh, 2021). En consecuen-

cia, la digitalización permite mejorar la eficiencia y la calidad de los procesos (Verhoef *et al.*, 2021), así como reducir los costes de producción, y, por tanto, mejorar los resultados de la empresa.

Finalmente, la **transformación digital** (TD) de una empresa o transformación empresarial, involucra y afecta a todos los niveles jerárquicos de la empresa, e implica cambios fundamentales en su estructura organizativa (Mann *et al.*, 2022), lo que produce la transformación de forma radical de su modelo de negocio (Verhoef *et al.*, 2021).

Entre sus beneficios, reduce costes de comunicación, mejora la conectividad de sus redes de innovación, así como rediseña la forma en que dichas redes crean y comparten el conocimiento dentro de la empresa (Li *et al.*, 2023). También se observa que en esta fase las empresas pueden ver mejorado su desempeño competitivo, ya que los productos ofrecidos por estas estarán en constante proceso de innovación gracias al uso de las tecnologías (Correani *et al.*, 2020), por lo que se hace necesario una gran inversión en I+D, ya que se deberá afrontar la necesaria formación de los empleados en cuestiones digitales, así como analizar grandes cantidades de datos (Yonghong *et al.*, 2023). Además, se reconoce la importancia del cliente en todas estas acciones y decisiones empresariales, y se promueve su participación activa con la finalidad de incrementar el valor ofrecido por la empresa (Legner *et al.*, 2017).

La relación entre la TD y la innovación también se analiza específicamente en la literatura. Según Fernandez-Vidal *et al.*, (2022), dentro de las estrategias de TD, la innovación interna favorece el desarrollo de nuevos productos y servicios. Sin embargo, se ha establecido una franja de dos años, a partir de la cual las innovaciones que se lleven a cabo bajo el amparo de la TD tendrán la cualidad de incrementar el valor de la empresa (Liu *et al.*, 2023), teorizando estos autores que esta demora puede deberse a la presión por innovar con la que cuentan las empresas, entre otros factores.

Estrategias ambientales en las empresas. ↓

En general, el desarrollo de estrategias medioambientales evidencia el compromiso de la empresa de reducir sus niveles de contaminación en beneficio de la sociedad y el entorno. Además, favorece que esta pueda mejorar la calidad de sus productos, así como incrementar la flexibilidad de los procesos y disminuir costes de producción (Fraj-Andrés *et al.*, 2009). Por lo que es crucial que la dirección de la empresa muestre interés por la implantación de iniciativas de sostenibilidad ambiental.

Actualmente, las empresas adoptan principalmente dos tipos de estrategias. Por un lado, para prevenir los daños ambientales que se derivarán de su actividad empresarial, implantarán una estrategia medioam-

**TABLA 1
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

	Nº de empleados	Población total	Muestra obtenida	Base de datos consultada
EMPRESAS INDUSTRIALES ESPAÑOLAS	50-250	3465	310 empresas	SABI
	Antigüedad de las empresas	Población seleccionada al azar	Herramientas utilizadas	
	Mínimo 5 años	1686	<ul style="list-style-type: none"> • Cuestionario tipo Likert de 7 puntos (1 «muy en desacuerdo» y 7 «muy de acuerdo»), basado en literatura previa. • Software SPSS (versión 28). • JASP (versión 0.17.1.0) 	

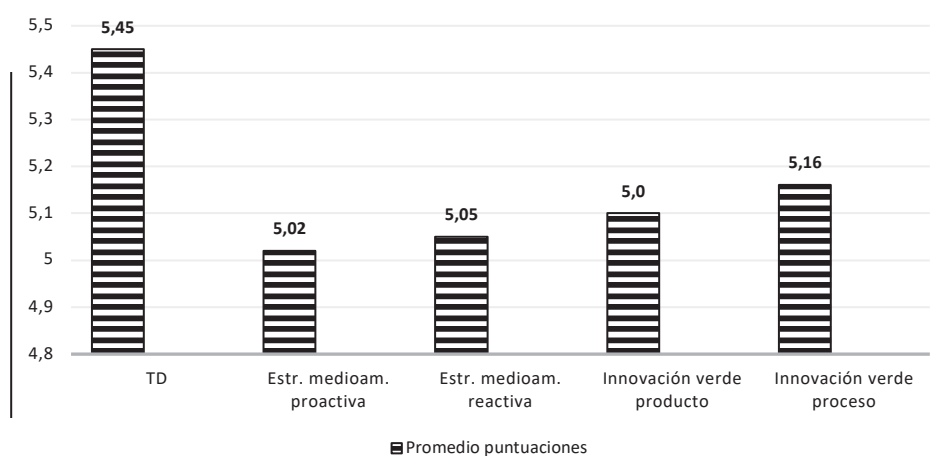
Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 2
CONSTRUCTOS E ÍTEMS UTILIZADOS EN ESTE ESTUDIO**

Constructos	Ítems
TD: Nasiri et al., 2020	Su empresa pretende... <ol style="list-style-type: none"> 1. digitalizar todo lo que pueda 2. recoger grandes cantidades de datos de diferentes fuentes 3. crear una red entre los diferentes procesos empresariales con tecnologías digitales 4. mejorar una interfaz de cliente eficiente con la digitalización 5. lograr el intercambio de información con la digitalización
Sostenibilidad: Adaptado de Amores-Salvadó et al., 2021 <ul style="list-style-type: none"> • Estrategia medioambiental proactiva 	Su empresa ha desarrollado nuevas tecnologías destinadas a... <ol style="list-style-type: none"> 1. reducir la cantidad de energía y materiales consumidos por unidad de producción 2. reducir cualquier emisión contaminante y/o tóxica 3. reciclar los materiales utilizados 4. prevenir la contaminación en su origen
	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategia medioambiental reactiva
Innovación verde: Kawai et al., 2018 <ul style="list-style-type: none"> • Innovación verde producto 	En el diseño o desarrollo de sus productos, en los últimos tres años su empresa ha... <ol style="list-style-type: none"> 1. elegido las materias primas que reducen la contaminación o el uso de productos peligrosos 2. elegido las materias primas que consumen la menor cantidad de energía o recursos 3. tratado de utilizar la menor cantidad de materias primas 4. intentado que el producto sea fácil de reciclar, reutilizar o descomponer
	<ul style="list-style-type: none"> • Innovación verde proceso

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 1
PERCEPCIÓN DE LAS EMPRESAS INDUSTRIALES ESPAÑOLAS



Fuente: Elaboración propia.

biental proactiva. Sin embargo, si esas medidas se llevan a cabo una vez que el problema medioambiental ha dado lugar, entonces, la empresa estará adoptando un enfoque reactivo. En el pasado, las empresas decidían adoptar una actitud pasiva ante las regulaciones establecidas, no cumpliéndolas en muchos casos. Siendo más tarde cuando decidieron implantar una estrategia reactiva para dar respuesta a las presiones legislativas externas, y en la actualidad, se ha producido un cambio en las empresas hacia la implantación de estrategias proactivas, es decir, que estas van más allá de las iniciativas medioambientales exclusivamente regulatorias (Kant, 2021). Más concretamente, uno de los motivos por los cuales las empresas industriales decidirían llevar a cabo prácticas medioambientales de tipo proactivo, sería, la obtención de una ventaja competitiva que permitirá diferenciarlos frente al resto de competidores. (Fraj-Andrés *et al.*, 2009).

Kawai *et al.* (2018) sugieren también que la innovación verde, tanto de producto como de proceso, puede crear un abanico de oportunidades para aquellas empresas que decidan innovar. Por lo que para lograr un enfoque más completo en materia de sostenibilidad ambiental, es necesario avanzar hacia lo que Chamorro & Bañegil (2006) identifican como la fase de «producto verde total» en la cual se aborda la sostenibilidad en todas las actividades y relaciones de la empresa. Por lo tanto, es muy necesario que las empresas midan e identifiquen el impacto que sus iniciativas medioambientales tienen en su desempeño (Govindan *et al.*, 2020), así como que demuestren grandes dotes de adaptabilidad y resiliencia.

METODOLOGÍA ↓

El presente estudio examinará y analizará los niveles de TD, innovación y sostenibilidad en las empresas industriales españolas, tanto de forma individualiza-

da como en asociación con la transformación digital. Para ello, se ha seleccionado una muestra de 310 empresas de las incluidas en la base de datos SABI (Sistema de Análisis de Balances Ibéricos, 2021). La tabla 1 presenta la descripción de la muestra y la tabla 2 señala los constructos utilizados. La encuesta fue distribuida en el año 2021.

RESULTADOS ↓

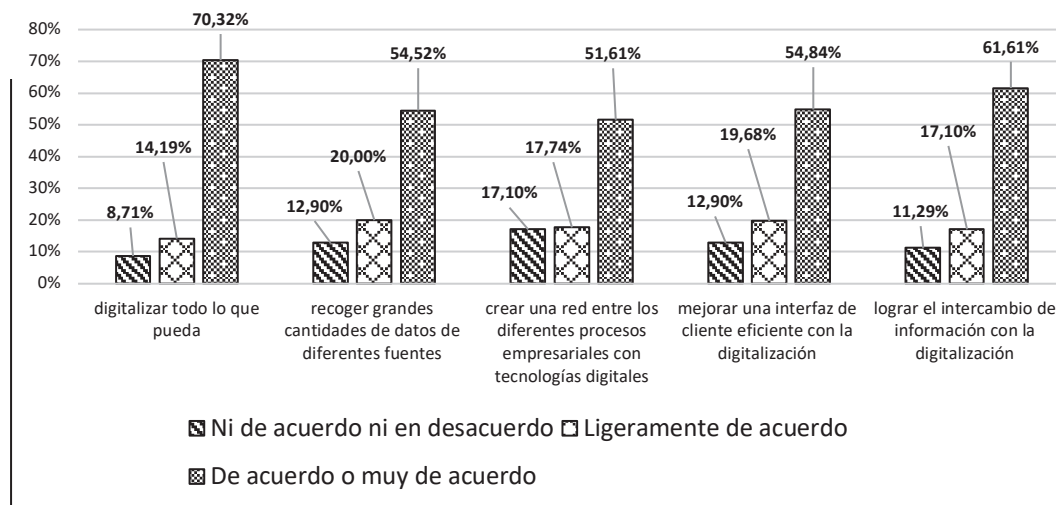
Análisis descriptivo previo:

En primer lugar, como se observa en el gráfico 1, la TD ha obtenido de media puntuaciones más altas, ocupando el primer puesto en las preocupaciones de las empresas. No obstante, la percepción de las empresas industriales encuestadas con respecto a las afirmaciones realizadas en relación con las estrategias medioambientales (proactivas y reactivas) e innovaciones verdes (producto y proceso) se sitúa también en torno a 5 en una escala Likert de 7 puntos.

Es de interés observar también que la TD de las empresas, parece estar muy relacionada con la innovación verde de producto (87,9%) y con la estrategia medioambiental proactiva (86,8%). Sin embargo, la asociación de la TD con la estrategia medioambiental reactiva y la innovación verde de proceso es ligeramente más baja (85,8% y 86%, respectivamente). Además, entre el resto de fenómenos, se destacaría que la innovación verde de producto encontrado ligeramente más asociada a la estrategia medioambiental reactiva que a la proactiva (87,6% y 86%, respectivamente). Por otro lado, se ha descubierto una mayor asociación entre la estrategia medioambiental proactiva y la reactiva que entre la innovación verde de producto y de proceso (1% más).

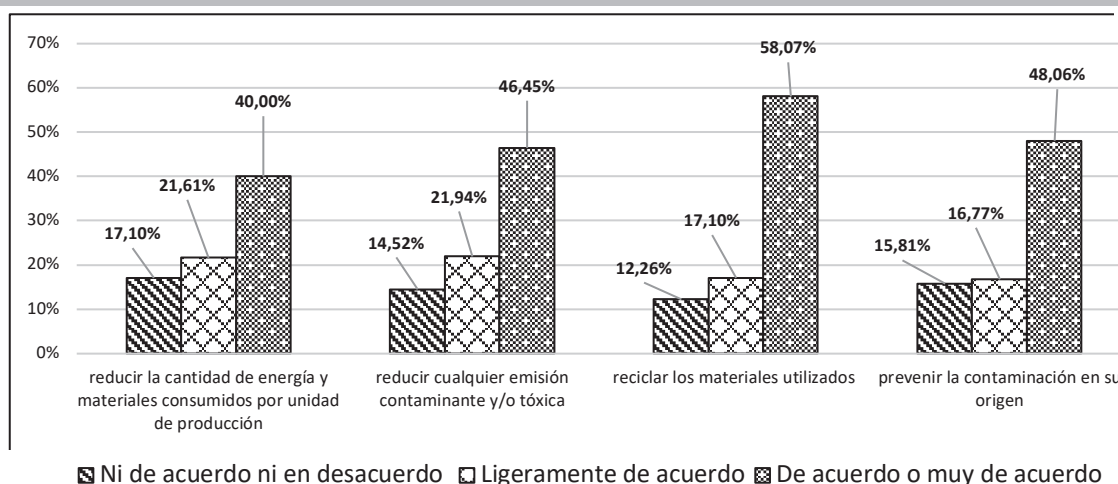
Transformación digital: Tal y como se observa en el gráfico 2, se ha observado que para las empresas

GRÁFICO 2
TRANSFORMACIÓN DIGITAL



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 3
ESTRATEGIA MEDIOAMBIENTAL PROACTIVA



Fuente: Elaboración propia.

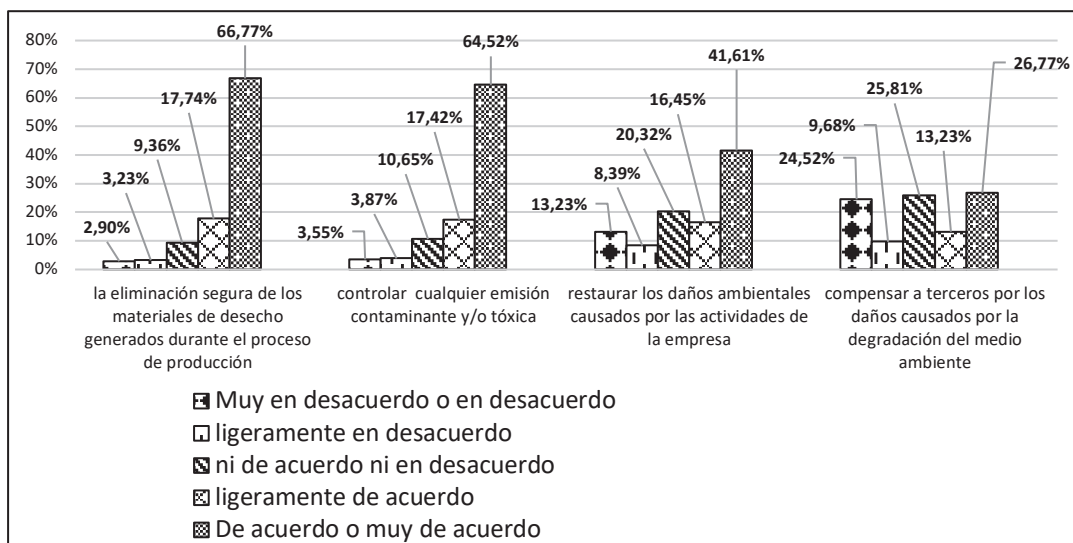
industriales españolas encuestadas es una prioridad el digitalizar todo lo que puedan. Siendo secundarias iniciativas como lograr el intercambio de información con la digitalización, la mejora de la interfaz de cliente para que sea eficiente con la digitalización, la recogida de grandes cantidades de datos de diferentes fuentes o la creación de una red entre los diferentes procesos empresariales con tecnologías digitales. Observándose que un porcentaje de ellas han estado «ligeramente de acuerdo» o han adoptado una opinión neutral, sobre todo en relación con la recogida de grandes cantidades de datos de diferentes fuentes y la mejora de una interfaz de cliente eficiente con la digitalización. Esto podría indicar que las empresas analizadas están aún en fases iniciales de la TD (digitación).

Estrategia medioambiental:

- **Estrategia medioambiental proactiva:** aparentemente, y tal y como se observa en el gráfico 3, las empresas han dedicado mayores esfuerzos al desarrollo de nuevas tecnologías orientadas al reciclaje de los materiales utilizados. Situándose en un segundo plano el desarrollo de nuevas tecnologías cuya finalidad es prevenir la contaminación en su origen, reducir cualquier emisión contaminante y/o tóxica, así como la cantidad de energía y materiales consumidos por unidad de producción.

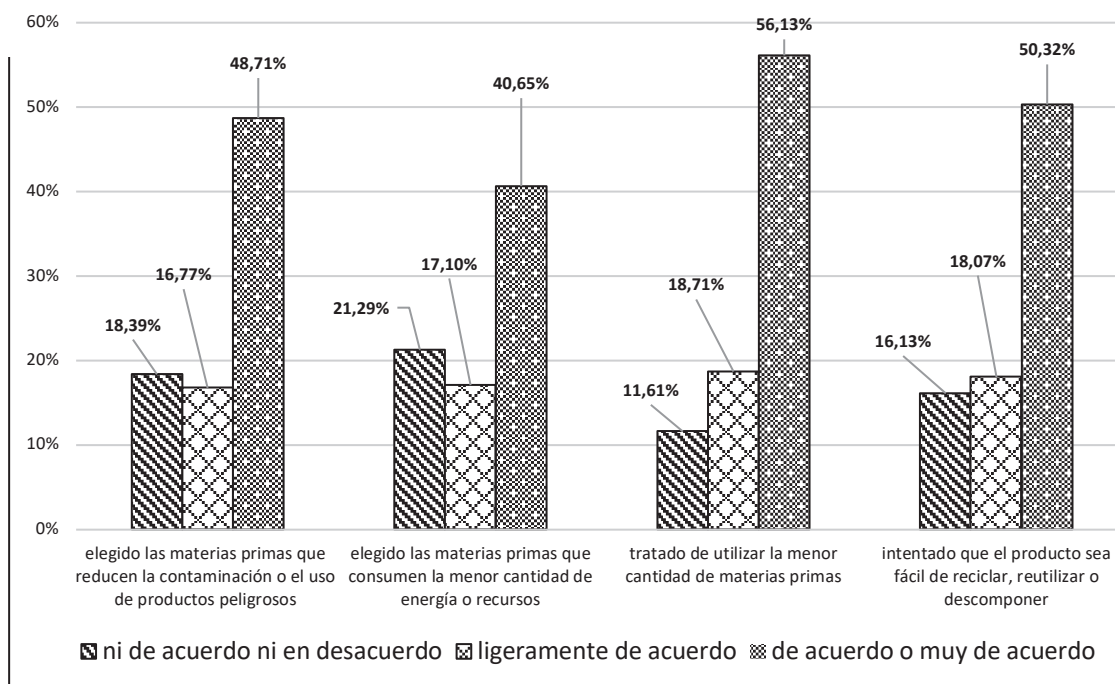
Es en el desarrollo de nuevas tecnologías destinadas a la reducción de cualquier emisión con-

GRÁFICO 4
ESTRATEGIA MEDIOAMBIENTAL REACTIVA



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 5
INNOVACIÓN VERDE PRODUCTO

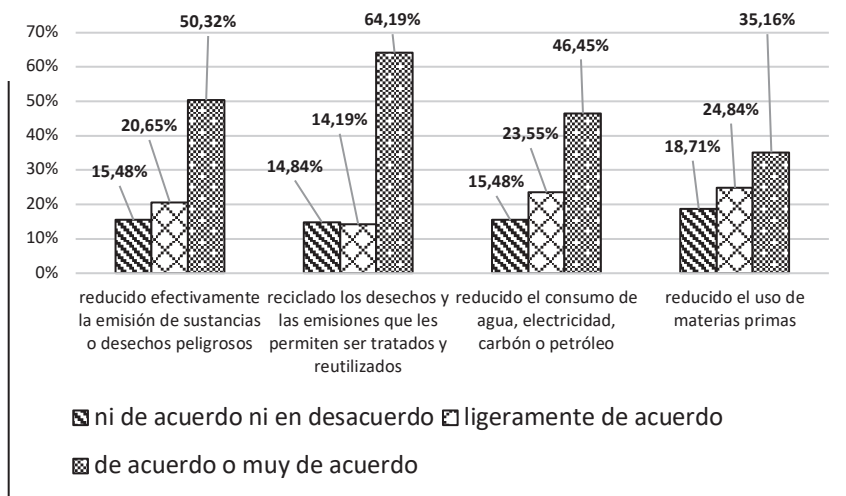


Fuente: Elaboración propia.

taminante y/o tóxica, la cantidad de energía y materiales consumidos por unidad de producción, en donde ha habido un mayor porcentaje de empresas que se encontraban «ligeramente de acuerdo», mientras que se ha mantenido una opinión más neutral sobre la reducción de la cantidad de energía y materiales consumidos por unidad de producción, así como la prevención de la contaminación en su origen.

- **Estrategia medioambiental reactiva:** principalmente, y tal y como se observa en el gráfico 4, se han desarrollado iniciativas destinadas a la eliminación segura de los materiales de desecho generados durante el proceso de producción, así como al control de cualquier emisión contaminante y/o tóxica. Sin embargo, se han destinado menos esfuerzos a la realización de iniciativas destinadas a restaurar los daños am-

GRÁFICO 6
INNOVACIÓN VERDE PROCESO



Fuente: Elaboración propia.

bientales causados por las actividades de la empresa, no dándole gran importancia tampoco a la realización de iniciativas dirigidas a compensar a terceros por los daños causados por la degradación del medio ambiente. Por lo tanto, es en ambos aspectos en donde las empresas han mostrado mayor desacuerdo.

Innovación verde:

Innovación verde de producto: Como se observa en el gráfico 5, en el diseño o desarrollo de sus productos, las empresas se han enfocado principalmente en tratar de utilizar una menor cantidad de materias primas, seguido de intentar que el producto fuera fácil de reciclar, reutilizar o descomponer. Además, la adopción de una opinión neutral, se ha dado en mayor medida en la elección de materias primas que consumen menor cantidad de energía y recursos, seguido de las que reducen la contaminación o el uso de productos peligrosos.

Por lo que se observa que las empresas han tenido muy claro que su prioridad en el diseño de los productos ha sido la de tratar de utilizar la menor cantidad de materias primas, siendo las demás expuestas de carácter más secundario.

- Innovación verde de proceso:** Como se observa en el gráfico 6, en los procesos de fabricación, las empresas principalmente se han dedicado sobre todo a reciclar los desechos y las emisiones que les permiten ser tratados y reutilizados, seguido de haber reducido efectivamente la emisión de sustancias o desechos peligrosos. Por lo que se han situado como prioridades menores la reducción del consumo de agua, electricidad, carbón o petróleo, así como el uso de materias primas.

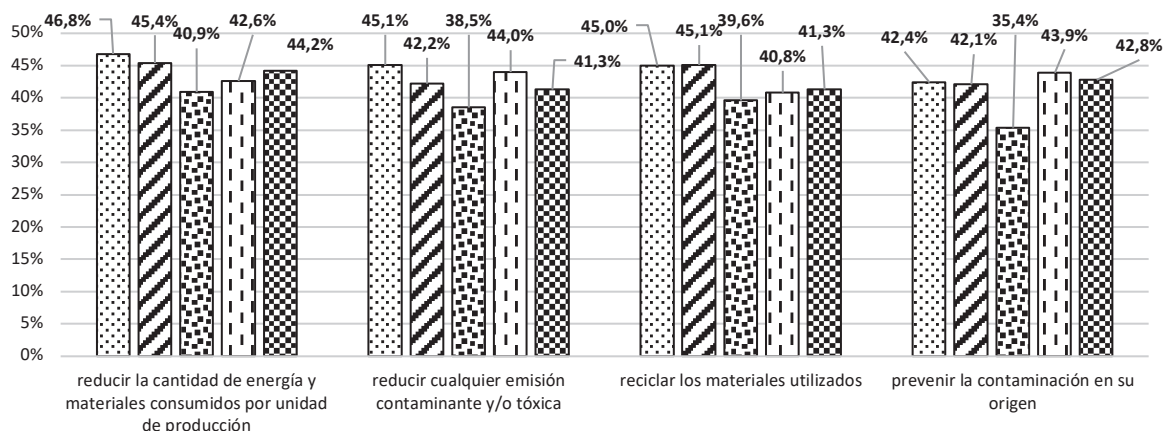
Asociación entre variables:

- TD y estrategia medioambiental proactiva:** Como se observa en el gráfico 7, los ítems de TD, a excepción de 1 (mejorar una interfaz de cliente eficiente con la digitalización), se encuentran más fuertemente asociados con la reducción de la cantidad de energía y materiales consumidos por unidad de producción que con el resto de ítems de la estrategia medioambiental proactiva. Además, las mayores asociaciones de la reducción de cualquier emisión contaminante y/o tóxica son con la digitalización de todo lo que se pueda y con la mejora de una interfaz de cliente eficiente con la digitalización.

En el caso de del reciclaje de los materiales utilizados, su mayor asociación es con la recogida de grandes cantidades de datos de diferentes fuentes, así como con la digitalización de todo lo que se pueda. Y finalmente, la prevención de la contaminación en su origen, se encuentra muy asociada con la mejora de una interfaz de cliente eficiente con la digitalización, así como con lograr el intercambio de información con la digitalización.

- TD y estrategia medioambiental reactiva:** Como se observa en el gráfico 8, el control de cualquier emisión contaminante y/o tóxica, y restaurar los daños ambientales causados por las actividades de la empresa, se encuentran muy asociados respectivamente con la pretensión de digitalizar todo lo que pueda. Además, el control de cualquier emisión contaminante y/o tóxica, es también el ítem más asociado con la creación de una red entre los diferentes procesos empresariales con tecnologías digitales, destacando también su asociación con lograr el intercambio de información con la digi-

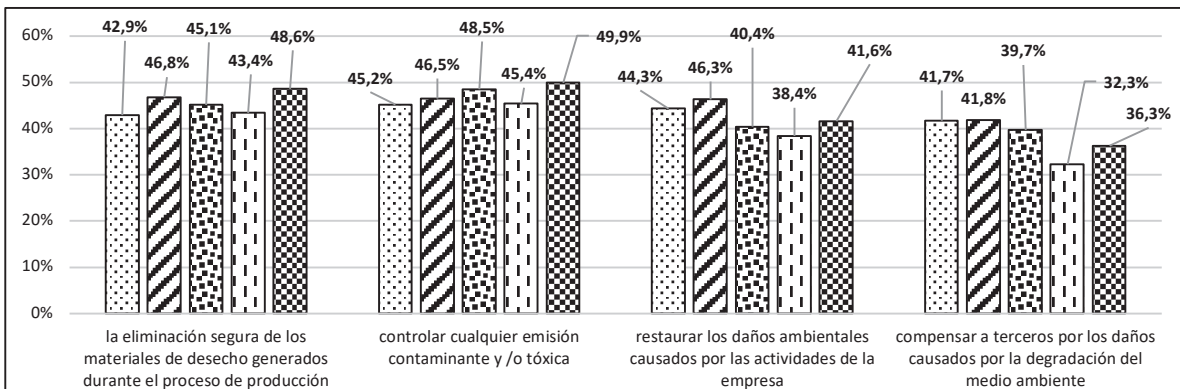
GRÁFICO 7
ASOCIACIÓN ENTRE LA TD Y LA ESTRATEGIA MEDIOAMBIENTAL PROACTIVA



- digitalizar todo lo que pueda
- recoger grandes cantidades de datos de diferentes fuentes
- crear una red entre los diferentes procesos empresariales con tecnologías digitales
- mejorar una interfaz de cliente eficiente con la digitalización
- lograr el intercambio de información con la digitalización

Fuente: Elaboración propia.

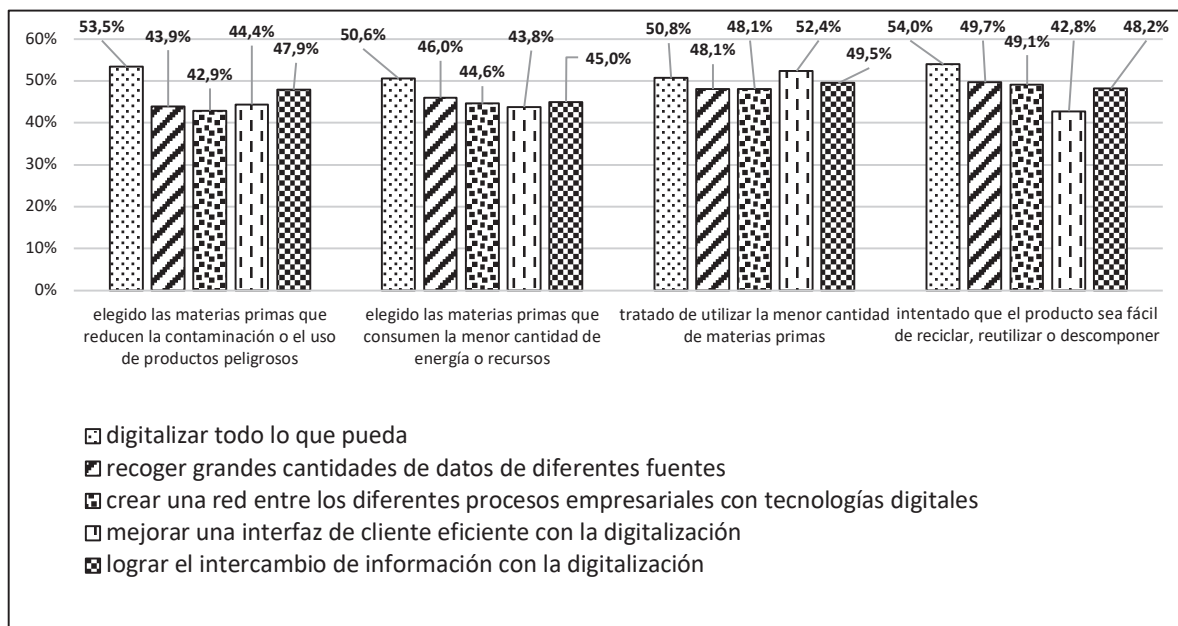
GRÁFICO 8
ASOCIACIÓN ENTRE LA TD Y LA ESTRATEGIA MEDIOAMBIENTAL REACTIVA



- digitalizar todo lo que pueda
- recoger grandes cantidades de datos de diferentes fuentes
- crear una red entre los diferentes procesos empresariales con tecnologías digitales
- mejorar una interfaz de cliente eficiente con la digitalización
- lograr el intercambio de información con la digitalización

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 9
ASOCIACIÓN ENTRE LA TD Y LA INNOVACIÓN VERDE DE PRODUCTO



Fuente: Elaboración propia.

talización. También se observa que la compensación a terceros por los daños causados por la degradación del medio ambiente se encuentra más asociado a la recogida de grandes cantidades de datos de diferentes fuentes, así como a digitalizar todo lo que pueda que al resto de ítems pertenecientes a la TD.

Por otro lado, la recogida de grandes cantidades de datos de diferentes fuentes se puede asociar también, aunque de forma más secundaria con, la eliminación segura de los materiales de desecho generados durante el proceso de producción, el control de cualquier emisión contaminante y/o tóxica, así como la restauración de los daños ambientales causados por las actividades de la empresa. Además, la mejora de una interfaz de cliente eficiente con la digitalización ha estado más fuertemente asociada con el control de cualquier emisión contaminante y/o tóxica, así como con la eliminación segura de los materiales de desecho generados durante el proceso de producción.

- **TD e innovación verde producto:** Como se observa en el gráfico 9, haber intentado que el producto fuera fácil de reciclar, reutilizar y descomponer, está asociado principalmente con el deseo de digitalizar todo lo que pueda, con la recogida de grandes cantidades de datos de diferentes fuentes, y la creación de una red entre los diferentes procesos empresariales con tecnologías digitales.

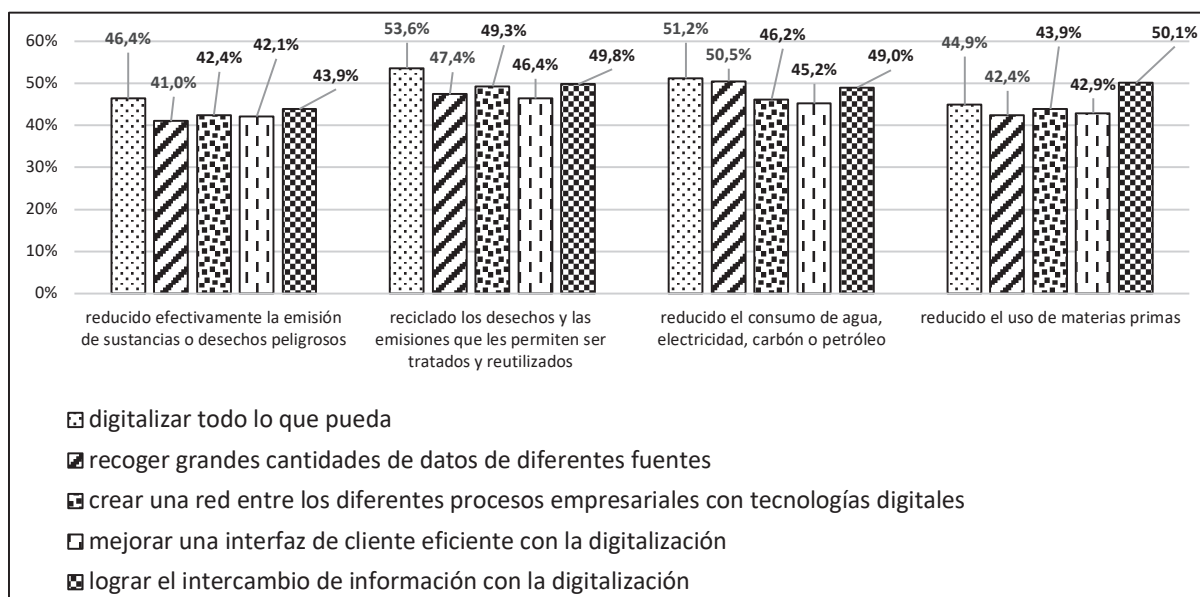
A su vez, hay alrededor de un 48% de asociación entre haber tratado de utilizar la menor cantidad

de materias primas y la recogida de grandes cantidades de datos de diferentes fuentes, así como la creación de una red entre los diferentes procesos empresariales con tecnologías digitales. Lo que ocurre también, pero en menor medida, con la mejora de una interfaz eficiente con la digitalización y haber elegido las materias primas que reducen la contaminación o el uso de productos peligrosos, consumen la menor cantidad de energía o recursos, así como el haber intentado que el producto fuera fácil de reciclar, reutilizar o descomponer.

Por otro lado, haber tratado de utilizar la menor cantidad de materias primas se encuentra asociado primeramente con la mejora de una interfaz de cliente eficiente con la digitalización y, seguidamente, con digitalizar todo lo que pueda. Sin embargo, haber elegido las materias primas que consumen la menor cantidad de energía o recursos, está más asociado a digitalizar todo lo que pueda, y menos asociado a mejorar una interfaz de cliente eficiente con la digitalización.

- **TD e innovación verde proceso:** Como se observa en el gráfico 10, a excepción de la reducción en el uso de materias primas, cuya principal asociación ha sido con lograr el intercambio de información con la digitalización, para el resto de ítems ha sido con la idea de digitalizar todo lo que pueda. Además, la asociación más alta ha sido entre el reciclado de los desechos y las emisiones que les permiten ser tratados y reutilizados, y digitalizar todo lo que pueda, seguido en menor medida por la asociación entre esta

GRÁFICO 10
ASOCIACIÓN ENTRE LA TD Y LA INNOVACIÓN VERDE DE PROCESO



Fuente: Elaboración propia.

última y haber reducido el consumo de agua, electricidad, carbón o petróleo.

Mientras que es la reducción del consumo de agua, electricidad, carbón o petróleo la que se encuentra más asociada con la recogida de grandes cantidades de datos de diferentes fuentes, esta última, se encuentra menos asociada a haber reducido efectivamente la emisión de sustancias o desechos peligrosos, y a haber reducido el uso de materias primas.

Finalmente, lograr el intercambio de información con la digitalización ha obtenido altos niveles de asociación con la reducción del uso de materias primas, el reciclado de los desechos y las emisiones que les permiten ser tratados y reutilizados, y la reducción del consumo de agua, electricidad, carbón o petróleo.

Como se observa en el gráfico 11, se ha averiguado también que estas han sido las asociaciones más fuertes entre ítems:

Parece ser que existe una fuerte asociación (71,60%) entre las iniciativas destinadas a la eliminación segura de los materiales de desecho generados durante el proceso de producción (estrategia medioambiental reactiva) y el reciclado de los desechos y las emisiones que les permiten ser tratados y reutilizados en los procesos de fabricación (innovación verde de proceso).

Por otro lado, en el mismo periodo analizado, en el diseño o desarrollo de sus productos, la iniciativa consistente en tratar de utilizar la menor cantidad de materias primas (innovación

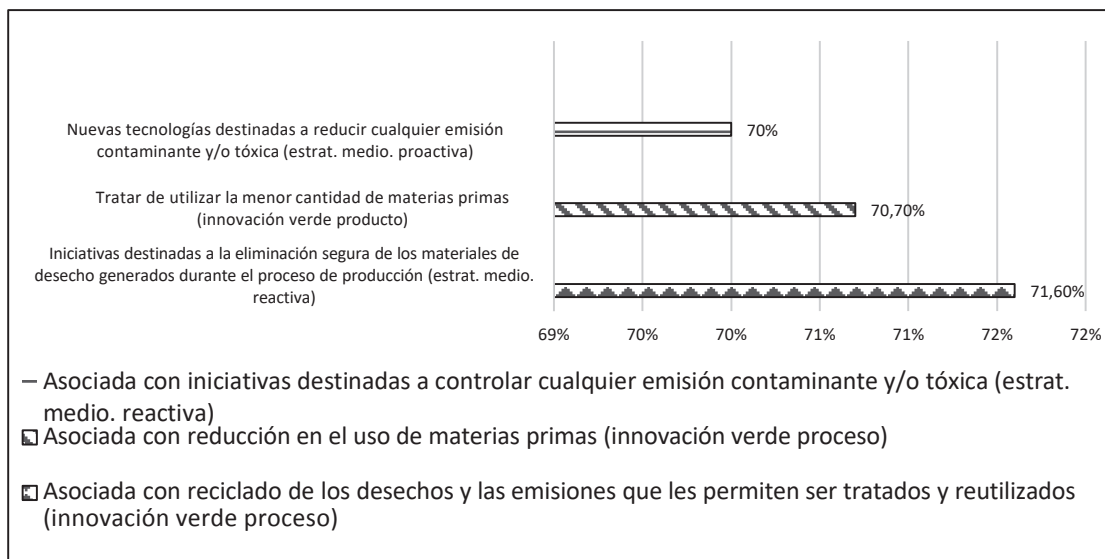
verde de producto) ha estado asociada en un 70,70% con la reducción en el uso de materias primas (innovación verde de proceso). Además, las nuevas tecnologías que han desarrollado las empresas para reducir cualquier emisión contaminante y/o tóxica (estrategia medioambiental proactiva), han estado asociadas al 70% con las iniciativas destinadas a controlar cualquier emisión contaminante y/o tóxica (estrategia medioambiental reactiva).

Se ha corroborado también, como se observa en los gráficos 7 y 8, que estas han sido las asociaciones más débiles entre ítems:

En primer lugar, la creación de una red entre los diferentes procesos empresariales con tecnologías digitales tiene una asociación débil con el reciclaje de los materiales utilizados, la reducción de cualquier emisión contaminante y/o tóxica y la prevención de la contaminación en su origen (estrategia medioambiental proactiva).

Además, dentro de la estrategia medioambiental reactiva, la compensación a terceros por los daños causados por la degradación del medio ambiente se encuentra asociada de forma débil con la creación de una red entre los diferentes procesos empresariales con tecnologías digitales, con lograr el intercambio de información con la digitalización, así como con la mejora de una interfaz de cliente eficiente con la digitalización. También, esta última, se encuentra relacionada débilmente con la restauración de los daños ambientales causados por las actividades de la empresa.

GRÁFICO 11
ASOCIACIONES MÁS FUERTES ENTRE ÍTEMS



Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN Y PRINCIPALES CONCLUSIONES

El principal objetivo de este estudio ha sido el de ilustrar la situación actual de las empresas industriales españolas en materia de TD y de sostenibilidad. Para ello, se ha utilizado una encuesta en la que se ha recogido información de 310 empresas de tamaño mediano y grande del sector industrial.

De la información recogida se desprende que, de media, las empresas industriales españolas encuestadas, han evaluado sus actuaciones en materia de TD y sostenibilidad (a nivel de estrategias medioambientales así como de innovaciones verdes), con una puntuación de 5 puntos sobre 7, lo que implica que deben reforzarse ciertos aspectos así como realizar algunas mejoras en cada una de estas facetas examinadas de las empresas.

Desde un punto de vista digital se hace necesario analizar grandes cantidades de datos (Yonghong *et al.*, 2023), lo que concuerda con la opinión de las empresas industriales españolas ya que el 54,2% estaban «de acuerdo o muy de acuerdo» con que su pretensión era recoger grandes cantidades de datos de diferentes fuentes. Además, algunos autores (Verhoef *et al.*, 2021) consideran que la digitalización tiene una serie de beneficios de interés para las empresas, como son la mejora de sus procesos y el ahorro en costes, lo que justifica que el 70,32% de las empresas industriales españolas «estén de acuerdo o muy de acuerdo» en su deseo de digitalizar todo lo que puedan.

Por otro lado, la TD propicia que las empresas puedan implantar tecnologías que permitan controlar la contaminación (Shang *et al.*, 2023), hecho de lo que son conscientes las empresas industriales es-

pañolas, ya que el 64,52% estaban «de acuerdo o muy de acuerdo» en que sus empresas han llevado a cabo iniciativas para el control de cualquier emisión contaminante y/o tóxica. Sin embargo, esta cifra descendía al 46,45%, con respecto a las que estaban «de acuerdo o muy de acuerdo» en que sus empresas habían desarrollado nuevas tecnologías para reducir cualquier emisión contaminante y/o tóxica. Asimismo, siguiendo a Ardito *et al.* (2021), se ha evidenciado que la TD, ha estado asociada con las actuaciones de innovación, tanto de producto como de proceso analizadas.

Concretamente, el hecho de que la TD se encuentre asociada en un 86% con la innovación verde de proceso, concuerda con el estudio de Wei & Sun (2021) en el que se concluye que el efecto entre la digitalización y la innovación verde de proceso es positivo. También se ha encontrado que hay un 88,6% de asociación entre la innovación verde de producto y de proceso, lo que es consistente con estudios previos, como el de Xie *et al.* (2019), en el que se manifiesta que ambas se complementan.

En relación con su innovación verde de producto, se incide que se han enfocado en mayor grado en tratar de utilizar la menor cantidad de materias primas, así como en intentar que el producto fuera fácil de reciclar, reutilizar o descomponer. Mientras que en el caso de su innovación verde de proceso, han dirigido su atención al reciclado de los desechos y las emisiones que les permiten ser tratados y reutilizados, así como a reducir efectivamente la emisión de sustancias o desechos peligrosos.

Por otro lado, los resultados de nuestro estudio revelan también que en el caso de las empresas industriales encuestadas, la innovación verde de

producto se ha asociado un 1,6% más a la estrategia medioambiental reactiva que a la proactiva. En este sentido, se recomienda que las empresas industriales españolas continúen trabajando en sus estrategias medioambientales con la finalidad no solo de solucionar las problemáticas que se produzcan, sobre todo relacionadas con motivaciones de carácter externo como el cumplimiento de la ley, sino también para poder anticiparse a ellas, lo que podría dar lugar, según Genç & Benedetto (2019), a la mejora en el desempeño en materia de la innovación verde de sus productos.

De los datos analizados, llama la atención el interés de las empresas por la primera fase de la transformación digital: la digitación. Es importante que las empresas sigan trabajando en nuevas iniciativas para mejorar su desempeño, por lo que, a nivel general, es recomendable que las empresas dentro de su estrategia de TD promuevan una mayor comunicación inter e intradepartamental a través del uso de las tecnologías, lo que permitiría unificar en mayor grado las iniciativas que estas desean realizar, ya que solo en torno a la mitad de ellas han estado «de acuerdo o muy de acuerdo» en la creación de una red entre los diferentes procesos empresariales con tecnologías digitales. También, sería esencial que las empresas no solo recopilaran grandes cantidades de datos, sino que también utilizaran herramientas de análisis de datos para emplear dicha información como medio para identificar sus debilidades y convertirlas en fortalezas. Por ejemplo, si se identificara que la empresa debe disminuir el uso de energía, podría implantarse como medida la utilización de sensores inteligentes.

A su vez, dentro de sus estrategias medioambientales, sería necesario que implantaran tecnologías digitales para automatizar procesos y reducir emisiones contaminantes, así como el desarrollo de iniciativas de responsabilidad social corporativa para compensar los daños que causan debido a su actividad, tales como la creación de programas o proyectos. Finalmente, en relación con la innovación verde de producto y de proceso, sería adecuado que desde la dirección de las empresas se instara a la implantación de evaluaciones periódicas realizadas por equipos multidisciplinares de diferentes departamentos como I+D, innovación o gestión de calidad.

A pesar de la gran cantidad de datos analizados, este estudio presenta algunas limitaciones. Al ser la muestra y el contexto específico, no se pueden generalizar los resultados a otros escenarios. Además, los ítems son subjetivos, y pueden estar sujetos a sesgos de respuesta por parte de los encuestados.

Una futura línea de investigación podría consistir en realizar un modelo que permitiera examinar de forma más compleja la relación entre las distintas variables objeto de estudio, para averiguar si se produce un efecto de causalidad entre ellas.

AGRADECIMIENTOS ↓

Proyecto TED2021-131293B-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR

REFERENCIAS ↓

- Afum, E., Osei-Ahenkan, V. Y., Agyabeng-Mensah, Y., Owusu, J. A., Kusi, L. Y., & Ankomah, J. (2020). Green manufacturing practices and sustainable performance among Ghanaian manufacturing SMEs: the explanatory link of green supply chain integration. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 31(6), 1457-1475.
- Alt, R. (2018). Electronic Markets on digitalization. *Electronic Markets*, 28, 397-402.
- Amores-Salvador, J., Cruz-González, J., Delgado-Verde, M., & González-Masip, J. (2021). Green technological distance and environmental strategies: The moderating role of green structural capital. *Journal of Intellectual Capital*, 22(5), 938-963.
- Ardito, L., Raby, S., Albino, V., & Bertoldi, B. (2021). The duality of digital and environmental orientations in the context of SMEs: Implications for innovation performance. *Journal of Business Research*, 123, 44-56.
- Broccardo, L., Zicari, A., Jabeen, F., & Bhatti, Z. A. (2023). How digitalization supports a sustainable business model: A literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, 187, 122146.
- Chamorro, A., & Bañegil, T. M. (2006). Green marketing philosophy: a study of Spanish firms with ecolabels. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 13(1), 11-24.
- Chanias, S., & Hess, T. (2016). How digital are we? Maturity models for the assessment of a company's status in the digital transformation. *Management Report/Institute for Information Systems and New Media* (2), 1-14.
- Correani, A., De Massis, A., Frattini, F., Petruzzelli, A. M., & Natalicchio, A. (2020). Implementing a digital strategy: Learning from the experience of three digital transformation projects. *California Management Review*, 62(4), 37-56.
- Despeisse, M., Chari, A., González Chávez, C. A., Monteiro, H., Gonçalves Machado, C., & Johansson, B. (2022). A systematic review of empirical studies on green manufacturing: eight propositions and a research framework for digitalized sustainable manufacturing. *Production & Manufacturing Research*, 10(1), 727-759.
- Esteller-Cucala, M., Fernandez, V., & Villuendas, D. (2020). Towards data-driven culture in a Spanish automobile manufacturer: A case study. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 13(2), 228-245.
- Fernandez-Vidal, J., Gonzalez, R., Gasco, J., & Llopis, J. (2022). Digitalization and corporate transformation: The case of European oil & gas firms. *Technological Forecasting and Social Change*, 174, 121293.
- Ferreira, J. J. M., Fernandes, C. I., & Ferreira, F. A. F. (2019). To be or not to be digital, that is the question: Firm innovation and performance. *Journal of Business research*, 101, 583-590.
- Fraj-Andrés, E., Martínez-Salinas, E., & Matute-Vallejo, J. (2009). Factors affecting corporate environmental strategy in Spanish industrial firms. *Business strategy and the Environment*, 18(8), 500-514.

- Genç, E., & Di Benedetto, C. A. (2019). A comparison of proactive and reactive environmental strategies in green product innovation. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 13(3-4), 431-451.
- Gobble, M. M. (2018). Digitalization, digitization, and innovation. *Research Technology Management*, 61(4), 56-59.
- Gobierno de España (2017). El Ministerio de Economía, Industria y Competitividad pone en marcha el programa «Activa Industria 4.0» [Nota de prensa].
- Govindan, K., Rajeev, A., Padhi, S. S., & Pati, R. K. (2020). Supply chain sustainability and performance of firms: A meta-analysis of the literature. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 137, 101923.
- Kant, N. (2021). Climate Strategy Proactivity (CSP) and Its Theoretical Underpinnings. En: Leal Filho, W., Azul, A.M., Brandli, L., Lange Salvia, A., Wall, T. (eds) Industry, Innovation and Infrastructure. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals.
- Kawai, N., Strange, R., & Zucchella, A. (2018). Stakeholder pressures, EMS implementation, and green innovation in MNC overseas subsidiaries. *International Business Review*, 27(5), 933-946.
- Kraus, S., Jones, P., Kailer, N., Weinmann, A., Chaparro-Banegas, N., & Roig-Tierno, N. (2021). Digital transformation: An overview of the current state of the art of research. *Sage Open*, 11(3), 21582440211047576.
- Legner, C., Eymann, T., Hess, T., Matt, C., Böhmman, T., Drews, P., Mädche, A., Urbach, N., & Ahlemann, F. (2017). Digitalization: opportunity and challenge for the business and information systems engineering community. *Business & information systems engineering*, 59, 301-308.
- Li, L. (2022). Digital transformation and sustainable performance: The moderating role of market turbulence. *Industrial Marketing Management*, 104, 28-37.
- Li, S., Gao, L., Han, C., Gupta, B., Alhalabi, W., & Almkadi, S. (2023). Exploring the effect of digital transformation on Firms' innovation performance. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(1), 100317.
- Liu, M., Li, C., Wang, S., & Li, Q. (2023). Digital transformation, risk-taking, and innovation: Evidence from data on listed enterprises in China. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(1), 100332.
- Luthra, S., Kumar, A., Zavadskas, E. K., Mangla, S. K., & Garza-Reyes, J. A. (2020). Industry 4.0 as an enabler of sustainability diffusion in supply chain: an analysis of influential strength of drivers in an emerging economy. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1505-1521.
- Mann, G., Karanasios, S., & Breidbach, C. F. (2022). Orchestrating the digital transformation of a business ecosystem. *The Journal of Strategic Information Systems*, 31(3), 101733.
- Nasiri, M., Ukko, J., Saunila, M., & Rantala, T. (2020). Managing the digital supply chain: The role of smart technologies. *Technovation*, 96-97, 102121.
- Ritter, T., & Pedersen, C. L. (2020). Digitization capability and the digitalization of business models in business-to-business firms: Past, present, and future. *Industrial Marketing Management*, 86(4), 180-190.
- Shang, Y., Raza, S. A., Huo, Z., Shahzad, U., & Zhao, X. (2023). Does enterprise digital transformation contribute to the carbon emission reduction? Micro-level evidence from China. *International Review of Economics & Finance*, 86, 1-13.
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Qi Dong, J., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of business research*, 122, 889-901.
- Vrana, J., & Singh, R. (2021). Digitization, digitalization, and digital transformation. En el libro: *Handbook of Nondestructive Evaluation 4.0*, 1-17. Springer Cham.
- Wei, Z., & Sun, L. (2021). How to leverage manufacturing digitalization for green process innovation: An information processing perspective. *Industrial Management & Data Systems*, 121(5), 1026-1044.
- Xie, X., Huo, J., & Zou, H. (2019). Green process innovation, green product innovation, and corporate financial performance: A content analysis method. *Journal of business research*, 101, 697-706.
- Yonghong, L., Jie, S., Ge, Z., & Ru, Z. (2023). The impact of enterprise digital transformation on financial performance—Evidence from Mainland China manufacturing firms. *Managerial and Decision Economics*, 44(4), 2110-2124.