

# Hacia la industria 4.0 en el sector pesquero: el proceso de transformación digital

ZANFRILLO, ALICIA INÉS<sup>25</sup>

## Resumen

Las empresas del sector pesquero, en la actualidad, se enfrentan a un entorno complejo e incierto que demanda soluciones innovadoras y sostenibles a fin de satisfacer los requerimientos crecientes de los usuarios y las exigencias de un mercado global con estándares y certificaciones internacionales. La adopción de avances tecnológicos situados en el marco de la industria 4.0 definida por la producción masiva, flexible y autónoma y por la integración del mundo físico y el virtual; constituye una estrategia para la modernización de la organización. Se impone la necesidad de afrontar una transformación digital a fin de combinar las tecnologías existentes con aquellas denominadas habilitadoras en el marco de un cambio cultural que propicie su incorporación.

---

<sup>25</sup> Forma parte del Grupo de Investigación Innovación y Tecnologías Inteligentes en Organizaciones Sostenibles (ITIOS), Facultad Regional Mar del Plata de la Universidad Tecnológica Nacional [aliciazanfrillo@gmail.com](mailto:aliciazanfrillo@gmail.com)

El propósito del trabajo consiste en analizar los procesos de transformación digital en empresas exportadoras del sector pesquero marplatense, en la actualidad, a través de una investigación cualitativa, a partir del estudio de casos combinando entrevistas y análisis de contenido sobre publicaciones digitales seleccionadas según el grado de uso de las TIC (tecnologías de la información y de la comunicación) en sus procesos de comunicación estratégica. Las empresas analizadas ofrecen un uso de las tecnologías de gestión que responde mayoritariamente a una incipiente digitalización de los procedimientos, además de la adopción de tecnologías de comunicación entre los actores de la cadena de suministro sin mediar mayores desarrollos que propicien la integración e interacción en tiempo real, en detrimento de una transición hacia las tecnologías de la industria 4.0. El trabajo se enmarca en el Grupo de Investigación ITIOS (Innovación y tecnologías inteligentes en organizaciones sostenibles) que tiene como propósito facilitar la transición de las organizaciones hacia la transformación digital y productiva a fin de desarrollar ventajas competitivas a partir de prácticas de producción y consumo sostenibles, en articulación con todos los actores de la cadena de suministro.

**Palabras clave:** Transformación digital- Industria pesquera- Tecnologías habilitadoras- Innovación.

## Introducción

Al Sureste de la Provincia de Buenos Aires y sobre el Mar Argentino se encuentra la ciudad de Mar del Plata, cabecera del Partido de General Pueyrredon, con más de 1.460 km<sup>2</sup> de superficie y una población en constante ascenso de 618.989 habitantes según el último Censo Nacional del año 2010 (INDEC). Esta se constituye como uno de los principales centros turísticos del país, recibiendo anualmente más de un millón de turistas y proyectando su identidad en un desarrollo basado en el turismo, hotelería, la industria de la construcción, metalmecánica,

textil y alimenticia, ésta última basada en el importante cinturón frutihortícola con el que logra autoabastecerse y provee de sus productos a la ciudad de Buenos Aires y otras localidades de la región (Aguirre, 2015). En la ciudad de Mar del Plata, como principal puerto pesquero del país, se desembarca el 53 % del total del país (Subsecretaría de Programación Microeconómica, 2019), que es procesado en pequeñas y grandes empresas locales. Su creación data del año 1924 y su construcción transformó a la ciudad en el epicentro de la actividad pesquera.

El puerto artificial de aguas profundas permite anclar cruceros y otros barcos de paseo y cargas, resultando fundamental para la actividad pesquera, donde los cambios tecnológicos y económicos de los últimos años, como la globalización de la cadena de suministro, las exigencias de certificaciones para las exportaciones y la apertura de mercados internacionales (entre otros) han llevado a los grupos empresarios a adecuarse para integrar a los armadores, a los procesadores y a las empresas de la cadena de suministro en el diseño de estrategias para la acreditación de sus productos y la incorporación de nuevas tecnologías a fin de desarrollarse competitivamente en diferentes mercados.

En los últimos años, a los procesos antes mencionados se le adicionó uno intensivo y extensivo en el uso de tecnologías denominadas **habilitadoras o de la industria 4.0** que comprende la transformación digital. Las tecnologías habilitadoras se pueden agrupar en 9 grupos principales: soluciones de fabricación avanzadas, fabricación aditiva, realidad aumentada, simulación, integración horizontal/vertical, internet industrial, computación en la nube, ciberseguridad y, Big Data y analítica de datos (De Carolis, Macchi, Negri y Terzi, 2017). Este proceso de transición ha sido iniciado por muchas empresas, sin embargo, aquellas de menor tamaño e infraestructura se encuentran en una etapa inicial o bien rezagadas en adoptar los nuevos modelos de negocios que implican la interconexión en tiempo real de sistemas y dispositivos ya sea por falta de recursos o de conocimiento sobre la temática y sus beneficios en la modernización de la industria.

El propósito del trabajo consiste en analizar los procesos de transformación digital en empresas exportadoras del sector pesquero marplatense a fin de disponer, desde la perspectiva de las capacidades de absorción potencial, una serie de pautas para la adopción de las tecnologías que faciliten la transformación digital. El trabajo se estructura sobre los aspectos conceptuales de la industria 4.0 y las tecnologías habilitadoras, la presentación del diseño metodológico, los resultados del análisis cualitativo respecto de las variables de madurez digital propuestas por Schumacher, Erol y Sihm (2016) para empresas manufactureras, una aproximación preliminar a una propuesta de una hoja de ruta para la transformación digital de la industria pesquera basada en el pilar de la formación del personal en disciplinas para la interpretación de información y la gestión de procesos digitales junto con un abordaje interno-externo-interno del despliegue de tecnologías en la empresa. Por último, se presenta la discusión de los hallazgos que se manifiestan en la necesidad de sensibilización del sector a fin de promover la capacitación y la transformación de la industria en un proceso que integre los saberes existentes, la interacción con otros actores de la cadena de suministro y el potencial de las tecnologías habilitadoras para la modernización de los procesos productivos bajo una interconexión del mundo físico con el digital.

## **Aspectos conceptuales**

El rico y extenso litoral marítimo argentino, con más de 4.000 km de extensión, sitúa a la pesca en una de las principales actividades económicas. Entre los puntos principales sobre el sector pesquero, la Subsecretaría de Programación Microeconómica (2019) señala:

- La importancia de la cadena de valor pesquera radica, a nivel regional, en la contribución al desarrollo de centros pesqueros localizados a lo largo del litoral marítimo, donde es un importante ge-

nerador de empleo y de actividad; y a nivel nacional por su aporte en generación de divisas a través de sus exportaciones.

- La pesca de captura marítima explica alrededor del 98% de la producción pesquera nacional. En 2017, la captura fue de 779 mil toneladas. El 55% correspondió a peces, principalmente merluza *hubbsi* (33%); le siguieron los crustáceos con una participación en el total del 32%, destacándose el langostino como la principal especie (22%), y finalmente los moluscos representaron el 13% de las capturas nacionales, con una participación relativa del calamar *Illex* equivalente al (16%).
- Los desembarques de capturas marítimas se concentran en los puertos de Mar del Plata (53%), donde opera una importante flota fresca, seguida por los patagónicos de Puerto Madryn (16%), Puerto Deseado (10%) y Ushuaia (6%), donde opera casi exclusivamente la flota congeladora.
- En la etapa de procesamiento en tierra, Argentina cuenta con 140 plantas procesadoras y almacenes frigoríficos de productos pesqueros autorizados a exportar a la Unión Europea, operadas por 127 empresas.
- La actividad cuenta con alrededor de 22.200 trabajadores registrados, de los cuales el 62% es personal embarcado.
- La cadena pesquera tiene una marcada orientación hacia el mercado externo. El consumo local de productos pesqueros es bajo, en torno a de 5-6 kg/hab por año, muy por debajo del promedio mundial (19,2 kg/hab).

Con la mayor parte de la pesca nacional destinada a la exportación, los países compradores de las exportaciones pesqueras argentinas son España, China, Brasil, Estados Unidos y Japón (*Ibid.*). La naturaleza perecedera del pescado y la incertidumbre asociada a la captura de especies que constituyen el primer punto de la cadena posicionan a la planificación y la logística con un rol fundamental. Así, aquellas plantas procesadoras que integran la captura tienen mayor coordinación entre

los diferentes puntos de la cadena y satisfacen mejor sus demandas. El desafío se plantea así en dar cumplimiento a las exigencias de calidad y disponer de mayor integración entre los actores de la cadena de suministro del sector.

La cadena de valor para el sector alimentario es impulsada por factores como la seguridad alimentaria (trazabilidad), calidad del producto, innovación y diferenciación de productos, efectividad de los sistemas de gestión de producción y logística y desarrollo de nuevos mercados. La cadena de valor se define así a través de la integración de actividades a un costo más reducido, con mayor diferenciación y más enfocada sobre el segmento del mercado al que se dirigen, relacionando así la productividad de cada eslabón con la cooperación y colaboración de los actores intervinientes bajo el nuevo paradigma de desarrollo sostenible.

## **Hacia la transformación digital de la industria pesquera**

Una nueva revolución tiene lugar a fines del siglo XX por la convergencia de tecnologías caracterizada por la supresión de los límites existentes entre las fronteras físicas, digitales y biológicas, cambiando las relaciones sociales y económicas a través de la interconexión de diferentes dispositivos a través de redes de datos, denominado Internet de las Cosas (*IoT – Internet of Things-*). Sensores, códigos QR, tarjetas RFID y dispositivos de geolocalización son tecnologías que se pueden combinar para garantizar la confiabilidad de las condiciones en que se reciben, producen, almacenan y transportan los productos ofreciendo mayor seguridad sobre las condiciones en que se manipulan y mejorando la productividad y la calidad de los procesos fabriles.

Aquellas tecnologías que se enmarcan bajo el “conjunto convergente de equipos y aplicaciones digitales de microelectrónica, informática, telecomunicaciones, optoelectrónica y los recientes avances de la nanotecnología y la biotecnología” (i Sellens e i Requena, 2008, p. 175) reciben el nombre, en la Unión Europea, de “tecnologías habilitadoras clave”. Con esta denominación, se puede mencionar a la inteligencia

artificial, la robótica, la computación en la nube, la impresión 3D y el *blockchain*, proveyendo en su utilización un conjunto de ventajas para la modernización de la industria.

Las tecnologías habilitadoras se pueden agrupar en 9 grupos principales: soluciones de fabricación avanzadas, fabricación aditiva, realidad aumentada, simulación, integración horizontal/vertical, internet industrial, computación en la nube, ciberseguridad y, *Big Data* y analítica de datos (De Carolis, Macchi, Negri y Terzi, 2017).

La cuarta revolución industrial se funda en el uso de la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y la ubicuidad de internet, en su sofisticación e integración a través de la cooperación entre sí de los sistemas de fabricación físicos y virtuales (Schwab, 2016). “Fábrica inteligente” o “Internet industrial” resultan denominaciones alternativas de la actual transformación digital de la industria, producida por el avance de la informática y el software (del Val Román, 2016). Asentados sobre tecnologías disruptivas como computación en la nube, *Big Data* e Internet de las Cosas (IoT), los sistemas y procesos de las industrias se interconectan y digitalizan (Joyanes Aguilar, 2017). Internet permite sincronizar el mundo físico, vinculando procesos, equipos y personas gracias a las tecnologías de operación y a las nuevas plataformas de las TIC (Castillo, Gligo y Rovira, 2017).

Este universo tecnológico se complementa con otros dispositivos y aplicaciones para el control de riesgos, desde drones hasta sistemas de autoidentificación, trazabilidad y *blockchain*, que digitalizan completamente la cadena de valor desde los proveedores hasta los clientes y generan una nueva revolución, esta vez en el marco de la industria, por la integración de elementos de diversa naturaleza (Basco, Beliz, Coatz y Gamero, 2018). La adopción de estas nuevas tecnologías está presente en las agendas de las empresas argentinas con un 30% de iniciativas concretas en las grandes empresas industriales del país (Nieponice, Rivera, Tfelti y Drewanz, 2018). En este nuevo ciclo se debe hacer frente a desafíos orientados a aprovechar las oportunidades derivadas de la industria 4.0 donde la novedad se centra en dos aspectos: uno, la inter-

conexión de los objetos, lo cual permite diferentes vinculaciones entre máquinas, productos, sistemas y sujetos; y otro, la extensión del ciclo de vida del producto basado ahora en el producto-plataforma, es decir que la tendencia es “desarrollar productos inteligentes que incorporen servicios. Se prioriza el ‘acceso’ al producto por encima de la propiedad”, se cambian los modos de comunicación, de producción y de trabajo en una conexión de todos los actores en tiempo real (Basco *et al.*, 2018, p. 17).

La convivencia de un vasto espectro de innovaciones configura un nuevo espacio de interconexión de actores, dispositivos y plataformas digitales que ponen el foco de interés en la incorporación de las tecnologías disruptivas. Dos tendencias se presentan en este sentido: por una parte, la concentración de los esfuerzos sobre digitalización e integración en las áreas de desarrollo de producto y de ingeniería; y por otra, la más lenta integración con proveedores, clientes y otros socios de la cadena de valor respecto de la que tiene lugar al interior de la empresa. Esta situación lleva a indagar sobre qué tecnologías, formatos y estrategias sustentan las propuestas formativas actuales y cómo son las prácticas de uso de aplicaciones, sistemas, equipamiento y dispositivos realizadas por los actores de la cadena de valor que pueden facilitar la transición hacia la industria 4.0. En este escenario de transformación digital, las industrias discuten sobre la incorporación de estas tecnologías condicionadas por factores económicos, sociales, ambientales y culturales, lo cual le brinda notoriedad a la brecha con las tecnologías actuales en los sectores productivos donde se aplican múltiples innovaciones y dotados de gran complejidad, como ocurre en el sector pesquero (Souto, 2014).

## **Metodología**

El trabajo se enmarca en una investigación cualitativa de tipo exploratoria-descriptiva que combina diferentes estrategias, entrevistas y análisis de contenido. Se realizó un abordaje metodológico transeccional

(no experimental) para el análisis del objeto de estudio de la investigación: la transformación digital del sector pesquero.

Se realizaron entrevistas semiestructuradas a referentes de organizaciones del sector pesquero marplatense durante los meses de agosto y septiembre de 2021 con el fin de indagar sobre las capacidades y prácticas desarrolladas en el ámbito local en el uso de tecnologías para el registro de información. Se definió una muestra teórica a partir de la selección de los referentes, elegidos en base a aquellas características determinadas como relevantes, tales como nivel de formación, edad, experiencia profesional, tipo de organización de pertenencia y grado de adopciones tecnológicas en tecnologías de la información y de la comunicación y en tecnologías de procesamiento.

Se diseñó una guía de pautas para llevar a cabo la entrevista que fue validada por dos profesionales a fin de obtener sus apreciaciones para ajustar el instrumento y así llevar a cabo los encuentros. Una vez efectuada la prueba piloto se procedió a realizar las entrevistas para su posterior transcripción, codificación y análisis cualitativo. En el momento del desarrollo de la entrevista se registraron las observaciones y notas del investigador. Se contrastó la información obtenida en las entrevistas con las notas para poder revisar el análisis con las impresiones registradas durante los encuentros. Las variables sobre las que se diseñaron las preguntas del guión para las entrevistas se definieron a partir de las dimensiones de madurez digital de la industria 4.0 (Schumacher, Erol y Sihn, 2016): estrategia, liderazgo, clientes, productos, operaciones, cultura, capital humano, gobernanza y tecnología.

Con el objetivo de complementar las entrevistas, se desarrolló un análisis de contenido sobre los sitios web corporativos para identificar las tecnologías empleadas en el proceso productivo y el tipo de producto de exportación que se exhibe para conocimiento de los públicos de interés, información referida a la vinculación con otros actores, la trayectoria institucional, nómina de clientes y proveedores y políticas respecto de responsabilidad social empresaria, cuidado medioambiental y políticas de empleo.

## Resultados

El estudio permitió advertir una desigual incorporación de tecnologías y sistematización de información al interior de las empresas, sin hallazgos significativos respecto de las tecnologías de interconectividad y con propuestas consolidadas en algunos casos de automatización. Se pueden distinguir dos tipos de tecnologías en la transición digital de la industria pesquera: unas, referidas al tratamiento de la información; y otras, las que se encuentran en los procesos productivos localizados en las plantas fabriles. Las asimetrías radican básicamente en el tipo de productos que se exportan, encontrando en las artesanales en el extremo con menor incorporación de tecnologías y en oposición a las que ofrecen las líneas de empanados con mayor despliegue en el ámbito de la transformación digital. A continuación, se expone una síntesis de las apreciaciones de los entrevistados sobre la preparación, recursos y despliegue de tecnologías de la Industria 4.0 respecto de las variables señaladas en el estudio.

- Estrategia: Pese a las ventajas que supone la incorporación de tecnologías, las estrategias de las empresas del sector pesquero se centran en “reducir costos y mantener la actividad en niveles compatibles con la mínima inversión posible” (Sesar, 2015), planteando un desafío para la optimización de los procesos productivos desde una perspectiva de sostenibilidad, así como afrontar los desafíos que supone el advenimiento de la industria 4.0. Las exigencias de certificación para las exportaciones han impulsado las innovaciones, así como la sistematización de información a los efectos, tanto del seguimiento de los productos (trazabilidad hacia adelante) como de la provisión de garantías de calidad (trazabilidad hacia atrás). Resultan escasas las expresiones digitales que den cuenta del triple impacto de las soluciones tecnológicas incorporadas o de los efectos de los cambios en el entorno.

- **Liderazgo:** Las características del paradigma de la industria 4.0 y el tránsito hacia la transformación digital aún se encuentran en una fase inicial, presentando los extremos del continuo entre aquellos que tienen conocimiento sobre la temática y familiaridad con algunos términos, pero sin aplicación; hasta aquellos que se encuentran en plena conectividad de la planta para la incorporación de tecnologías de monitoreo de la línea de producción.
- **Clientes.** Las tecnologías que se emplean se presentan, desde las básicas de comunicación y envío de documentación a través de canales electrónicos, hasta las más sofisticadas de *e-commerce*. Las exigencias de mayor certificación de los clientes impulsan la incorporación de tecnologías y sistemas que permitan dar respuesta a los requerimientos emergentes para la exportación de productos.
- **Productos:** La tecnología empleada en el registro de los productos se basa principalmente en la documentación sanitaria, por la cual se establece la comunicación con las entidades reguladoras y fiscalizadoras para habilitar la distribución. La oferta informativa sobre los productos en las empresas seleccionadas para el estudio se basa en la visibilidad de forma y envase, con escasas experiencias significativas en la disposición de información nutricional, elaboración, recetas y otro tipo de contenidos que resulten de interés para el consumidor.
- **Operaciones:** Una primera vinculación entre los proveedores de materia prima y las plantas procesadoras se efectúa a través de la estiba con el traslado de la captura a las plantas de procesamiento. El primer punto de contacto entre la pesca extractiva y la elaboración de productos pesqueros en la ciudad de Mar del Plata tiene lugar en el muelle, a través de la descarga de las embarcaciones y posterior carga en el transporte (vehículos isotérmicos habilitados por organismos oficiales) que llevan los cajones plásticos a los diferentes puntos de entrega. Las actividades de captura, traslado y recepción en el establecimiento fabril se llevan a cabo bajo el cumplimiento estricto de las normas de manipulación de alimen-

tos para consumo. La identificación de la materia prima que se recibe en planta, una vez evaluadas las características organolépticas respecto de temperatura y presencia de hielo en los cajones, se realiza a través de la asignación de un número, el número de lote. Este número permite realizar el seguimiento durante el proceso de elaboración, es decir la trazabilidad hacia adelante en la línea de producción. Tanto el parte de pesca como el resto de documentos que acompañan el traslado del pescado al proceso de elaboración ofrecen diferentes grados de informatización. En las entrevistas se advierte que se asocia la trazabilidad con un mecanismo para la resolución de problemas ante los reclamos que puedan surgir por deterioro o vencimiento del producto. Se manifiesta un nivel superficial de conocimiento sobre la temática de trazabilidad, sin reconocer los beneficios de la identificación de origen en desalentar la pesca ilegal o la mayor provisión de información al consumidor.

- **Cultura:** Se percibe la necesidad de aprovechar los recursos, tanto en el desarrollo de estrategias enfocadas en lograr un desperdicio mínimo de materia prima como el cuidado con que se lleva a cabo el proceso productivo respecto del uso de recursos no renovables. Las exigencias de las certificaciones internacionales en forma externa y las tecnologías incorporadas tanto al inicio como al final del proceso en forma interna; no han afectado al núcleo de operaciones del tratamiento de la pieza que conserva las tradiciones heredadas y aprendidas desde el siglo pasado.
- **Capital humano:** La formación del capital humano se enfoca en las normas de seguridad y de manipulación de alimentos. Si bien se mencionan diferentes tipos de capacitaciones estas aluden preferentemente al desarrollo de buenas prácticas en las actividades productivas sin abordar otro tipo de temáticas que permitan sensibilizar a mayor escala en otra escala de puestos.
- **Gobernanza:** Agrupadas las empresas exportadoras de productos pesqueros en cámaras y mesas regionales, en interacción con em-

presas del sector y diferentes organizaciones públicas y del tercer sector para abordar temas de interés sobre la sostenibilidad de la actividad productiva y establecer consensos y alianzas frente a otras entidades y acciones a realizar en beneficio mutuo. Durante la pandemia estas actividades se han llevado a través de la modalidad digital, empleando para ello diversas plataformas y tecnologías de comunicación.

- Tecnología: La recepción de materia prima pesquera se realiza a través de cajones o pallets sin identificación específica del proveedor (como códigos de barras o dispositivos RFID) ofreciendo un esquema de interacción a través del soporte papel y con mínima intervención de transacciones electrónicas para la interacción con proveedores sustentada a través de las tecnologías de la comunicación. Al ingresar, se le incorpora un código interno para el registro o uno de barras, propio de los sistemas de gestión de inventarios. A continuación, se realiza el proceso de pesado (en términos de peso bruto y neto en una balanza digital) incorporándose dichos valores en forma automática al sistema o manual si no hay disponibilidad de estos equipos. En el procesamiento de la materia prima en tierra se emplean diferentes tecnologías de gestión de la información, ya sean sistemas de información y dispositivos para el registro y control de temperatura y peso, o para el almacenamiento y comercialización de los diferentes productos y subproductos. Existen propuestas avanzadas de automatización en las siguientes etapas del proceso productivo, pero se ven limitadas en el inicio, faltas de estandarización y de tecnologías que permitan aprovechar a la trazabilidad como elemento pivote para una modernización del proceso productivo para ofrecer mejores garantías en términos de confiabilidad y seguridad. La falta de información sobre las tecnologías de la era analítica como la computación en la nube, la robótica, el internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y la automatización, entre otras; junto con las prácticas de uso de estas tecnologías, limitan las possibili-

dades de generar propuestas superadoras de los desarrollos actuales (Basco *et al.*, 2018).

## **Propuesta de una hoja de ruta para la transformación digital**

La asimetría observada en el sector respecto de la incorporación de tecnologías plantea diferentes desafíos para una propuesta de transformación, en particular, en un entorno dinámico donde las innovaciones están incorporándose rápidamente a través de las exigencias de los clientes y la necesidad de una efectiva gestión de costos. Una ruta posible debe considerar el nivel en el cual se encuentra la empresa a fin de proponer un esquema de transformación que considere como pilar fundamental la capacitación del personal. Esta capacitación se debe incluir no solo en temáticas específicas de la industria 4.0, sino en aquellas disciplinas necesarias para la comprensión de indicadores e información agregada en diferentes formatos de presentación y en aspectos organizativos que permitan la integración de las funciones operativas desde la perspectiva de la estandarización y el triple impacto de las operaciones.

Para ello se propone una aproximación a una hoja de ruta para la transformación digital, con asiento en cinco funciones básicas para el rediseño del modelo operativo que resultan de llevar al territorio de la industria pesquera los principios definidos por McKinsey (Catlin, Lorenz, Sternfels y Willmott, 2017) para la implementación digital, en particular la definición de objetivos claros, el compromiso de la alta dirección y el fomento de una cultura digital (Figura 1):

- Sistematización de los procesos operativos. Este requisito básico se funda en los desarrollos realizados por las empresas dadas las exigencias de certificación y cumplimiento de normas de seguridad alimentaria.

- Integración con clientes y entidades reguladoras en la comercialización de productos a fin de proveer a la estandarización de la información provista por la trazabilidad y adecuar los sistemas y registros para la interacción con entidades gubernamentales, reguladoras y fiscalizadoras.
- Integración con proveedores, a fin de articular la incorporación de dispositivos para la identificación y control de las características organolépticas de la materia prima.
- Automatización. Sustitución de operaciones repetitivas con asistencia de equipos y sistemas en diferente grado de intervención para el desarrollo de procesos productivos asistidos digitalmente.
- Interconexión. Conexión de equipos, dispositivos y herramientas tecnológicas con los sistemas, a fin de disponer de información en tiempo real y asegurar la interoperabilidad entre éstos.

La propuesta se asienta sobre el eje formación por las demandas que requerirán de nuevas competencias en el personal para la interconexión con sistemas y equipos interconectados y la interpretación de la información que estos provean a través de diferentes interfaces. El punto de partida consiste en la sistematización de rutinas y procedimientos para su registro y posterior informatización. Como segundo nivel se encuentran las integraciones a nivel sistemas y tecnologías con clientes, entidades reguladoras y proveedores, basado en la necesidad de adoptar estándares para el intercambio de información y, a partir del conocimiento de los requerimientos externos, adecuar sistemas y procedimientos. En el siguiente nivel se encuentra la incorporación de tecnología de planta para, finalmente, adoptar un nivel de interconexión que permita la recopilación, monitoreo y visualización de datos en tiempo real de equipos (sensores, monitores, etc.) para control de desempeño y mantenimiento predictivo.



Figura 1. Aproximación a una hoja de ruta para la transformación digital en la industria pesquera. Fuente: Elaboración propia

La trazabilidad se erige en un vector para el seguimiento de la información relacionada con el origen de las especies y las características del proceso de transformación en producto semielaborado y/o final que permite estructurar el proceso de transformación digital. Se establece así un medio de comunicación tanto operativo como funcional entre los primeros eslabones de la cadena de suministro pesquera para la constatación de las características que resultan relevantes en la determinación del origen de la captura de las especies y el proceso de transformación, con el envasado y etiquetado final. Existen iniciativas que promueven el desarrollo de la trazabilidad, como la del modelo de herencia del sello azul, por la cual el comprador, al adquirir el producto al proveedor acreditado con dicho sello, hereda los efectos pretendiendo un mayor aprovechamiento de los esfuerzos y la integración de los actores de la cadena de suministro (Núñez, 2020).

## Discusión

Las exigencias de exportación a mercados globalizados bajo estrictos estándares de regulación sobre la trazabilidad de los productos pesqueros impulsaron un modelo de gestión basado en la sostenibilidad y calidad en cumplimiento de normativas de seguridad alimentaria y de protección de los recursos naturales. La incorporación de tecnologías como nuevos procedimientos y equipamientos tiene un registro con escaso soporte tecnológico entre la captura y la recepción en planta para la elaboración de productos pesqueros.

Si bien el sector pesquero es netamente exportador y la mayoría de los productos requieren (por las certificaciones de la identificación de origen y procesamiento) las prácticas de trazabilidad, en los primeros eslabones de la cadena de suministro se realizan con escasa informatización, respondiendo a las exigencias de las autoridades que regulan su quehacer pero sin disponer, en general, de información sistematizada en tiempo real ni tecnologías para el seguimiento de la materia prima entre la captura y el procesamiento que ofrezcan confiabilidad y provean, además, mayor información para los actores involucrados en el diseño de políticas públicas.

La transformación digital, con la trazabilidad como vector y mediada por tecnologías como IoT, posibilitará una mayor confianza en el origen y procesamiento del producto, así como en las condiciones de su trayectoria hasta el consumidor, colaborando en evitar errores e inconsistencias. Para ello, la capacitación del personal que interactuará con dispositivos y equipos interconectados deberá ser incentivada a fin de preparar a los usuarios para la transformación de sus prácticas y al uso de mayor información y dispositivos digitales en sus actividades diarias. La sensibilización sobre esta temática se propone como un desafío para las organizaciones del sistema nacional de innovación a fin de concientizar sobre el valor agregado con un rol protagónico en el proceso de transformación, participando activamente de los procesos decisorios que permitan una mayor replicación e intensidad en la

adopción de las nuevas tecnologías de la era analítica. El recorrido de las empresas del sector en el trayecto de la transformación digital permitirá un mayor acercamiento a las respuestas de la industria frente a las necesidades de los clientes a través de servicios inteligentes y productos-plataforma, unido a un mejor desempeño interno por la incorporación progresiva de las tecnologías habilitadoras.

## Referencias bibliográficas

- Aguirre, L. (2015). La provincia de Buenos Aires, Mar del Plata y el periurbano sudoeste de la ciudad. Un estudio socio ambiental para el año 2010. *I+A Investigación + Acción*, Vol. 18, no. 17. Pp. 3-10.
- Basco A., Beliz, G., Coatz, D., y Gamero, P. (2018). *Industria 4.0. Fabricando el futuro*. Buenos Aires, Argentina: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Castillo, M., Gligo, N., y Rovira, S. (2017). La política industrial 4.0 en América Latina. In Cimoli, M., Castillo, M., Porcile, G. y Stumpo, G. (Eds.), *Políticas industriales y tecnológicas en América Latina* (pp. 549-572). Santiago, Chile: Naciones Unidas.
- Catlin, T., Lorenz, J. T., Sternfels, B. y Willmott, P. (2017, Marzo). *A roadmap for a digital transformation*. McKinsey & Company.
- De Carolis, A., Macchi, M., Negri, E., y Terzi, S. (2017, June). *Guiding manufacturing companies towards digitalization a methodology for supporting manufacturing companies in defining their digitalization roadmap*. International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC) (pp. 487-495).
- del Val Román, J. L. (2016). *Industria 4.0: la transformación digital de la industria*. Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática, España. Disponible en: <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>
- i Sellens, J. T., y Requena, J. V. (2008). TIC, conocimiento y productividad del trabajo. *Nuevas tecnologías, nuevos mercados de trabajo*, 173.

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010*. Buenos Aires: INDEC.
- Joyanes Aguilar, L. (2017). Ciberseguridad: la colaboración público-privada en la era de la cuarta revolución industrial (Industria 4.0 versus ciberseguridad 4.0). *Cuadernos de estrategia*, no. 185. Pp. 19-64. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/6115620.pdf>
- Nieponice, G., Rivera, R., Tfelti, A., y Drewanz, J. (2018). *Acelerando el desarrollo de la industria 4.0 en Argentina*. Buenos Aires, Argentina: Boston Consulting Group.
- Núñez, M. (2020). Estudio “Evaluar y mejorar los estándares del Sello Azul para propender a la trazabilidad de los productos pesqueros a nivel nacional y el incentivo del consumo responsable de los productos del mar en la población nacional”, Contrato FIPA 2018-02. Chile: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- Sesar, G. (2015). *Estudio de mercado de la cadena de suministro del pescado blanco proveniente de la República Argentina*. Buenos Aires, Argentina: Fundación Vida Silvestre Argentina.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. United Kingdom: Penguin Random House.
- Schumacher, A., Erol, S. y Sihni, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, Vol.52. Pp. 161-166.
- Souto, J. E. (2014). La innovación en el sector pesquero: del éxito a la quiebra. *Cuadernos de estudios Empresariales*, Vol. 24. Pp. 107- 129.
- Subsecretaría de Programación Microeconómica (2019). Informes de cadenas de valor. Pesca – Setiembre 2019. Secretaría de Política Económica. <https://www.senado.gob.ar/>