



C A P Í T U L O 5

INDUSTRIA 4.0 Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN YUCATÁN: ESTRATEGIAS PARA LA SOSTENIBILIDAD DESDE EL FORTALECIMIENTO DEL ECOSISTEMA DE INNOVACIÓN¹

Ana María Canto Esquivel
Instituto Tecnológico de Mérida

Francisco Cima Cohuo
Instituto Tecnológico de Mérida

Jorge Carlos Canto Esquivel
Instituto Tecnológico de Mérida

RESUMEN: El presente capítulo analiza la transferencia de tecnología y la transición a la Industria 4.0 como elementos clave para la sostenibilidad de los sectores productivos en Yucatán, desde la perspectiva del ODS 9 – Industria, innovación e infraestructura. Derivado de una serie de proyectos de investigación realizados en el Estado, se discuten los desafíos en la adopción de la Industria 4.0, incluyendo brechas tecnológicas y de habilidades, y limitada colaboración interinstitucional. Se presentan mecanismos y estrategias como la inversión en capacidades digitales, modelos de negocio sostenibles, programas educativos alineados a la industria y vinculación universidad-empresa-gobierno, que pueden contribuir al fortalecimiento del ecosistema de innovación. Las investigaciones desarrolladas en diversos sectores productivos de Yucatán revelan oportunidades y recomendaciones que pueden mejorar la preparación hacia la Industria 4.0 y fomentar la transferencia de tecnología. Se enfatiza el rol de las instituciones de educación superior y la importancia de políticas públicas coordinadas y un marco regulatorio que impulse la innovación, la sostenibilidad y la formación de capital humano para crear una industria sostenible basada en la innovación.

¹ **COMO CITAR:** Canto Esquivel, A. M., Cima Cohuo, F., & Canto Esquivel, J. C. (2025). Industria 4.0 y gestión del conocimiento en Yucatán: Estrategias para la sostenibilidad desde el fortalecimiento del ecosistema de innovación. En R. Martínez Gutiérrez et al. (Orgs.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región norte de México* (pp. 55–69). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6532518125>

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de Industria 4.0 representa un cambio transformador en los procesos industriales, caracterizado por la integración de las tecnologías digitales en los sistemas de fabricación y producción (Rojas Navarrete & Rodríguez Cabrera, 2019). Esta revolución no sólo ha reconfigurado las industrias, sino que también influye en el desarrollo económico mundial, la competitividad y la innovación en un marco de sostenibilidad. La Industria 4.0 es vista como un factor fundamental para mejorar la productividad y la eficiencia en diversos sectores, incluyendo manufactura y servicios, al facilitar la creación de procesos de producción más eficientes (Jiménez de la Cruz, 2020; Murillo Tovar, 2021). La industria 4.0 tiene impacto en la competitividad, pues los países que invierten en estas tecnologías pueden mejorar su producción industrial y su calidad, ganando así una ventaja competitiva en los mercados internacionales (Canul-Alcocer, 2021; Ramos Yam, 2020).

La transferencia de tecnología es esencial para la difusión de las tecnologías de la Industria 4.0, permitiendo a las empresas adoptar y adaptar las innovaciones tecnológicas (Peña Avila, 2019). En particular, las regiones en desarrollo pueden beneficiarse significativamente de la transferencia de tecnología, ya que les permite cerrar la brecha con las naciones más desarrolladas (Murillo Tovar, 2021). No obstante, la transferencia de tecnología requiere de estrategias que fortalezcan la colaboración entre instituciones, la formación del capital humano, y en general, la vinculación entre la educación y la ciencia con la práctica.

El estado de Yucatán tiene una interacción dinámica entre sus sectores manufactureros tradicionales, como las maquiladoras, y las industrias tecnológicas emergentes. Estos sectores presentan tanto desafíos como oportunidades para el desarrollo sostenible y resiliente. El sector manufacturero de Yucatán, incluidas las maquiladoras, juega un papel importante en la economía del estado. Sin embargo, este sector se ha enfrentado por mucho tiempo a desafíos como el limitado avance tecnológico y la dependencia de las empresas matrices para la transferencia de tecnología (Blanco-Paz, 2012). Por otro lado, el sector tecnológico en Yucatán, particularmente en tecnologías de la información (TI), está creciendo a través de iniciativas de fomento a la innovación y a la presencia de institutos tecnológicos y centros de investigación que proporcionan una base para la creación de un ecosistema de innovación (Aguilar Tenorio, 2018; Canul-Alcocer, 2021). No obstante, en estos sectores persisten desafíos asociados a la infraestructura, la formación de la fuerza laboral, y la formación de redes de colaboración que derive en una industria más integrada y resiliente.

La relevancia de la transferencia de tecnología y la Industria 4.0 para el desarrollo, la competitividad, y la innovación se dimensiona en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) definidos en la Agenda 2030. El ODS 9 se centra en la construcción de infraestructura resiliente, la promoción de la industrialización inclusiva y sostenible y el fomento de la innovación, particularmente en países en desarrollo (Varriale et al., 2024) (ver Figura 1).



Figura 1. La relevancia de la transferencia de tecnología y la Industria 4.0 en el marco del Objetivo de Desarrollo Sostenible 9.

Para atender este objetivo, es necesario que el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas en los sectores productivos del Yucatán considere la integración de prácticas sostenibles para la resiliencia a largo plazo. La colaboración entre el gobierno, la academia y la industria es requerida para desarrollar políticas e iniciativas que apoyen el desarrollo sostenible y la innovación en la región (Peña Avila, 2019). Este capítulo tiene como objetivo analizar los procesos de gestión del conocimiento, digitalización y transferencia tecnológica vinculados a la Industria 4.0 que pueden contribuir a fortalecer las capacidades de los actores del ecosistema de innovación en Yucatán, así como identificar desafíos, oportunidades y recomendaciones que impulsen un desarrollo regional sostenible y resiliente.

2. METODOS Y MATERIALES

La integración de la transferencia de tecnología y los principios de la Industria 4.0 en el sector productivo no solo promueve la innovación, sino que también se alinea con los ODS. En particular, el ODS 9 enfatiza la importancia de construir infraestructura resiliente e impulsar la innovación y la industrialización sustentable. El concepto de Industria 4.0, también conocido como la Cuarta Revolución Industrial, representa

un enfoque transformador de los procesos de fabricación y producción a través de la integración de tecnologías avanzadas (Rojas Navarrete & Rodríguez Cabrera, 2019). Esta revolución se caracteriza por la fusión de sistemas digitales, físicos y biológicos, lo que lleva a la creación de fábricas inteligentes y entornos de producción interconectados (Ynzunza Cortés et al., 2017). Las tecnologías asociadas con la Industria 4.0 son fundamentales para impulsar esta transformación, permitiendo una mayor eficiencia, flexibilidad e innovación en las operaciones industriales (Mejía Huidobro et al., 2020). Estas tecnologías incluyen los sistemas ciberfísicos, el internet de las cosas, big data y analítica, uso de inteligencia artificial, robótica y automatización, y fabricación aditiva, entre otras (Basco et al., 2018). La integración de estas tecnologías en la industria tiene implicaciones de gran alcance para el panorama de innovación y desarrollo sostenible en diversos sectores. No obstante, la implementación exitosa de dichas tecnologías requiere abordar desafíos como la infraestructura, la formación de la fuerza laboral, y la formación de redes de colaboración. Los esfuerzos de investigación y políticas deben centrarse en superar estas barreras para aprovechar plenamente el potencial de la Industria 4.0 para la construcción de un futuro sustentable.

Estudios desarrollados en el Instituto Tecnológico de Mérida se han enfocado en evaluar las capacidades y preparación para la industria 4.0 en diversos sectores del estado de Yucatán. Estos trabajos han puesto énfasis en la determinación del nivel de implementación de tecnologías derivadas de la Industria 4.0 en sectores críticos como el de manufactura, automotriz, hospitalario, y TI. Como resultado de estos estudios se ha identificado que la adopción de las tecnologías de la Industria 4.0 está progresando a ritmos variables en diferentes sectores. Por ejemplo, el sector de manufactura está comenzando a explorar los servicios basados en datos, pero el nivel de implementación se encuentra en un nivel inicial en la adopción de tecnologías derivadas de la Industria 4.0 (Jiménez de la Cruz, 2020). El sector automotriz también enfrenta desafíos para la plena integración de las tecnologías de la Industria 4.0, y se tiene como necesidad primordial la capacitación y gestión del conocimiento entre los empleados, y la adopción de estrategias basadas en datos (Ramos Yam, 2020). El sector hospitalario enfrenta desafíos derivados de una baja inversión y gestión de tecnologías de industria 4.0, por lo que persisten áreas de oportunidad en automatización de procesos, intercambio de información integrada, y servicios basados en datos (Duarte Ojeda, 2024). Aunque aún existen brechas que cerrar, el sector TI se posiciona para convertirse en un hub económico regional mediante la aplicación de innovaciones tecnológicas y el fomento del desarrollo de capital humano con habilidades digitales (Murillo Tovar, 2021).

Los estudios previos han reconocido que un aspecto crítico para la transición hacia la Industria 4.0 y la transferencia de tecnología que favorezca el desarrollo económico global, la competitividad, y la innovación, radica en las capacidades de formación del capital humano (Navarro & Sabalza, 2016). Ante ello es esencial equipar a las personas con las habilidades y conocimientos necesarios para prosperar en entornos tecnológicamente avanzados. A través de los proyectos de investigación, se han analizado las competencias críticas requeridas para el entorno actual, y se han evaluado las capacidades de las instituciones educativas y tecnológicas en Yucatán para la formación de egresados con los conocimientos y aptitudes que esta nueva era digital demanda. Un reto importante identificado, es la falta de alineación entre los programas educativos y los requerimientos de la industria, lo que puede conducir a un desajuste de habilidades en el mercado laboral (Aguilar Tenorio, 2018). Además, se ha encontrado que muchas empresas no invierten lo suficiente en la capacitación de sus empleados, lo que puede dificultar el desarrollo de una fuerza laboral calificada capaz de aprovechar las nuevas tecnologías (Jiménez de la Cruz, 2020). Las instituciones educativas pueden contribuir con la formación del capital humano al alinear sus planes de estudio con las necesidades de la industria y las demandas del desarrollo sostenible.

Ante el panorama actual, existen oportunidades para que las instituciones educativas fortalezcan el ecosistema de innovación mediante la adopción de planes de estudio flexibles que incorporen tecnologías emergentes y tendencias de la industria (Canul-Alcocer, 2021). Además, el fortalecimiento de la vinculación entre las instituciones educativas y las industrias puede conducir a programas de capacitación más efectivos y una mejor alineación de las habilidades con las demandas del mercado (Aguilar Tenorio, 2018). Los esfuerzos futuros deben apuntar a cerrar la brecha entre la educación y la industria, asegurando que el desarrollo del capital humano se mantenga al ritmo de los avances tecnológicos, pero con una visión de inclusión y justicia social.

Prácticas y estrategias para la transferencia de tecnología e Industria 4.0

La transferencia de tecnología es un componente crítico en el avance de las industrias, particularmente en el contexto de la Industria 4.0. La transferencia de tecnología y la adopción de innovaciones requiere de diversos esfuerzos que permitan alimentar a un ecosistema que fomente la colaboración entre los sectores privado, académico y gubernamental. Uno de los objetivos principales de los proyectos de investigación desarrollados en el Instituto Tecnológico de Mérida es el identificar buenas prácticas y estrategias que brinden soporte a estos esfuerzos para que Yucatán se posicione como referente nacional en la adopción de tecnologías avanzadas y competitivas para el desarrollo sostenible del país.

Con estos estudios se han identificado factores clave que facilitan o inhiben la transferencia de tecnología, y la forma en la que estos se manifiestan en diversos sectores productivos. Los factores identificados son multifacéticos e interrelacionados. Por ejemplo, la inversión en investigación y desarrollo es crucial para fomentar la innovación y el avance tecnológico al mejorar la capacidad de una empresa para absorber e implementar nuevas tecnologías (Blanco-Paz, 2012; Ix-Caamal, 2017).

También se considera el desarrollo de competencias relacionadas con la Industria 4.0, como la alfabetización digital y las habilidades técnicas como esencial ya que permite tener trabajadores calificados y más capaces de manejar tecnologías y procesos avanzados (Blanco-Paz, 2012; Peña Avila, 2019). Otros factores relevantes se relacionan con la proximidad cultural, la gestión de la tecnología importada, y las redes de colaboración entre universidades, centros de investigación, y empresas. La proximidad cultural puede facilitar una transferencia de tecnología más fluida al reducir las barreras de comunicación y fomentar una mejor colaboración entre entidades de diferentes regiones (Ix-Caamal, 2017). Por otro lado, la gestión eficaz de la tecnología importada es necesaria para garantizar que sean adaptadas e integradas a los sistemas existentes y para garantizar que la eficiencia sea transferida. Ante ello, las empresas a menudo necesitan establecer departamentos o equipos dedicados a administrar y optimizar las tecnologías importadas para alinearse con los estándares de la Industria 4.0 (Blanco-Paz, 2012).

Finalmente, se ha encontrado que las conexiones limitadas entre el sector privado, los centros de investigación y las universidades pueden obstaculizar la innovación y la transferencia efectiva de tecnología al carecer de vínculos que aprovechen la investigación académica y los avances tecnológicos (Peña Avila, 2019). En el contexto de la Industria 4.0, abordar estos factores puede mejorar significativamente la capacidad de las regiones para innovar y conseguir un desarrollo sostenible en un panorama tecnológico que evoluciona con rapidez.

Mecanismos favorecedores

La transición a la Industria 4.0 requiere mecanismos y estrategias eficaces para la transferencia de conocimientos, en particular aquellos que fomentan la colaboración entre instituciones. Derivado de los trabajos de investigación, se han identificado mecanismos de transferencia de tecnología existentes y potenciales que pueden promover la creación de redes que faciliten el acceso a los recursos y al conocimiento, promoviendo una cultura de innovación colaborativa entre instituciones educativas, empresas y comunidades en el marco del ODS 9.

Los mecanismos de transferencia identificados involucran el desarrollo de patentes y modelos de comercialización de innovaciones, el fortalecimiento de las redes de colaboración entre universidades y empresas, la consolidación de programas de financiamiento y apoyo a la innovación, y el desarrollo de spin-offs académicos. La relevancia de estos mecanismos se resume como sigue.

- Las patentes son cruciales para proteger las innovaciones y fomentar la transferencia de tecnología al proporcionar un marco jurídico que incentive la inversión en investigación y permita que los inventores se beneficien de sus creaciones (Peña Avila, 2019).
- La colaboración entre universidades e industrias es vital para el éxito de la transferencia de tecnología, ya que combina la investigación académica con aplicaciones prácticas. Estas asociaciones pueden conducir al desarrollo de nuevas tecnologías y procesos, mejorando la competitividad de las industrias involucradas (Aguilar Tenorio, 2018).
- Los programas de financiamiento son fundamentales para apoyar el desarrollo de la industria proporcionando recursos para la investigación y desarrollo, la obtención de patentes, la comercialización, y la colaboración entre instituciones (World Health Organization, 2012).
- Las spin-offs académicas juegan un papel crítico en la transferencia de tecnología de las universidades al mercado, actuando como puente entre la investigación y la aplicación comercial. A menudo se apoyan en políticas universitarias que fomentan el emprendimiento y la innovación entre investigadores y estudiantes (Peña Avila, 2019).

Entre estos mecanismos, la gestión del conocimiento y el capital humano se ha convertido en un aspecto esencial y transversal en el marco de un sistema innovador que promueva el desarrollo sustentable y la competitividad regional. La transición a la industria 4.0 requiere de capital humano que pueda adaptarse a las nuevas tecnologías y procesos, y que este calificado para implementar y administrar los procesos de transformación digital (Murillo Tovar, 2021; Peña Avila, 2019). Se ha identificado que los países y regiones que invierten en el desarrollo de su capital humano están mejor posicionados para atraer inversión extranjera e impulsar el crecimiento económico (Jiménez de la Cruz, 2020).

A medida que las industrias transitan hacia procesos más digitales y automatizados, existe una creciente demanda de una fuerza laboral equipada con habilidades técnicas y digitales; así como también un sentido de comunidad y pertenencia social. Las competencias técnicas se relacionan al mantenimiento e implementación de tecnologías I4.0, como robótica, IoT y análisis de datos (Ramos Yam, 2020), y la capacidad de administrar y operar sistemas de fabricación avanzados (Rodríguez Cervera, 2022). Las habilidades digitales involucran aspectos como la competencia en

software y gestión de datos (Murillo Tovar, 2021), la ciberseguridad y la comunicación digital, cuya demanda va en aumento a medida que las empresas buscan proteger y optimizar sus infraestructuras digitales (Jiménez de la Cruz, 2020).

El camino hacia una industria que se fortalezca a través de la innovación e infraestructura requiere desarrollar competencias técnicas y digitales a través de una formación académica alineada a las nuevas tendencias y de la capacitación continua. Las asociaciones entre industrias e instituciones educativas pueden facilitar el desarrollo de planes de estudio afines las necesidades de la industria, y pueden apoyar iniciativas de aprendizaje permanente, permitiendo a los trabajadores mejorar continuamente sus habilidades (Ramos Yam, 2020; Rodríguez Cervera, 2022). De igual forma, las organizaciones que priorizan el desarrollo de los empleados a través de la capacitación continua tienen más probabilidades de tener éxito en el panorama competitivo actual (Canul-Alcocer, 2021; Peña Avila, 2019).

Suma de experiencias y capacidades

Los trabajos de investigación que aquí se discuten se derivan de tesis dirigidas por el autor principal en colaboración directa con los coautores del capítulo. Estos trabajos son muestra de la experiencia y el compromiso de los autores con la educación de calidad y la ciencia abierta que permita una formación de los estudiantes acorde a las tecnologías que demanda el mundo moderno, manteniendo un enfoque hacia la sustentabilidad y el desarrollo sostenible. Las áreas de experiencia del grupo de investigación varían desde la ingeniería industrial, las ciencias sociales y la gestión de ingeniería de sistemas. El conjunto de experiencias adquiridas por los autores visibiliza su compromiso como agentes de cambio para el futuro de la educación en el marco de la Agenda 2030.

Los autores comparten una visión común orientada a la construcción de una sociedad más justa, equitativa y resiliente. Sus esfuerzos combinan la formación académica rigurosa con una profunda vocación de servicio y compromiso social. Desde distintos espacios universitarios y comunitarios, han promovido iniciativas que integran los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente aquellos relacionados con la educación de calidad (ODS 4), la igualdad de oportunidades (ODS 10) y la construcción de comunidades sostenibles (ODS 11). Sus trabajos enfatizan la importancia de generar entornos educativos que reconozcan la diversidad y fomenten el sentido de pertenencia.

A través de la dirección de proyectos de investigación aplicada, el acompañamiento a estudiantes de primera generación y la generación de espacios colaborativos de aprendizaje, los autores han impulsado procesos que trascienden el aula y que buscan incidir positivamente en la vida de las personas y en el entorno que las rodea. Esta perspectiva integral permite consolidar una visión de desarrollo que no solo prioriza el avance científico y tecnológico, sino también el compromiso ético y humanista con las comunidades locales.

Oportunidades y recomendaciones para proyectos futuros

Los hallazgos de las investigaciones realizadas revelan oportunidades y recomendaciones para un desarrollo regional sostenible y resiliente en los diferentes sectores de estudio, a la vez que proponen futuras líneas de estudio que contribuyan al logro del ODS 9. En los siguientes párrafos se describen las oportunidades y recomendaciones para empresas, instituciones educativas y de investigación, así como políticas públicas. Se concluye con proyectos futuros y su impacto esperado.

La rápida evolución de las tecnologías digitales y el advenimiento de la Industria 4.0 tienen implicaciones significativas para las empresas. El aumento en la demanda de trabajadores altamente calificados requiere que las empresas se enfoquen en desarrollar competencias digitales para seguir siendo competitivas (Peña Avila, 2019). Existen implicaciones relacionadas a la adopción de estrategias de transformación digital, las cuales requieren ser operacionalizadas y monitoreadas con un sistema de indicadores para asegurar una transformación efectiva (Jiménez de la Cruz, 2020). También se considera esencial fomentar una cultura de innovación que permita adaptarse a los constantes cambios derivados de la Industria 4.0, y que estos se fortalezcan con la colaboración con universidades y centros de investigación (Peña Avila, 2019). Además, la transición a la Industria 4.0 ofrece oportunidades para desarrollar modelos de negocio sostenibles que sean económicamente viables y ambientalmente responsables, por lo que las empresas deben considerar los impactos ambientales y sociales a largo plazo de sus estrategias de transformación digital (Ramos Yam, 2020). Proyectos de investigación futura buscarán explorar los impactos específicos de estas estrategias en diferentes industrias. Ver Figura 2.

Empresas y sectores productivos	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión en capacitación y desarrollo de habilidades digitales • Adopción de estrategias de transformación digital • Innovación interna y colaboración con instituciones educativas y gobierno • Adopción de modelos de negocio sostenibles y responsables
Instituciones educativas y de investigación	<ul style="list-style-type: none"> • Crear programas educativos acorde a las necesidades de la industria • Brindar oportunidades de aprendizaje flexible para quienes trabajan • Vinculación con el sector productivo • Investigación aplicada e innovación orientada a necesidades regionales
Políticas públicas	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivos para I+D y proyectos colaborativos universidad-empresa • Fomentar la creación de ecosistemas de innovación y clústeres • Promover la capacitación y desarrollo de habilidades digitales • Marco regulatorio para la innovación y la sostenibilidad

Figura 2. Oportunidades y recomendaciones derivadas de los proyectos de investigación.

3. RESULTADOS

Existen también importantes retos y oportunidades para las instituciones educativas y de investigación. Por ejemplo, se tiene la necesidad de actualizar los planes de estudio para incluir competencias relevantes para la Industria 4.0, y de integrar modelos de educación dual que combinen el aprendizaje en el aula con la experiencia de la industria (Canul-Alcocer, 2021). Esto pudiera combinarse con oportunidades de aprendizaje flexibles, como cursos y talleres en línea, para dar cabida a las necesidades de los profesionales que trabajan (Ramos Yam, 2020).

Se enfatiza la importancia de las asociaciones con las industrias para facilitar la transferencia de conocimientos y tecnología mediante proyectos colaborativos y pasantías (Peña Avila, 2019; Ramos Yam, 2020). Un tercer aspecto que se considera relevante para generar mayor impacto es fomentar la investigación aplicada y la innovación, con iniciativas dirigidas a resolver los desafíos regionales y que incluyan a partes interesadas públicas y privadas (Jiménez de la Cruz, 2020; Murillo Tovar, 2021). Los proyectos futuros buscan centrarse en el fortalecimiento de estas iniciativas para aprovechar plenamente el potencial de la Industria 4.0.

En cuanto a políticas públicas, entre las principales oportunidades se consideran el diseño de políticas coordinadas de innovación a nivel federal y regional para fomentar la adopción de estas tecnologías en la industria (Ix-Caamal, 2017). Es importante incentivar y consolidar iniciativas que tienen el objetivo de establecer ecosistemas de innovación y agrupaciones tecnológicas que involucren universidades, industrias y gobierno (Ix-Caamal, 2017; Peña Avila, 2019). De igual forma, las políticas públicas pueden ser un mecanismo que impulse el desarrollo de habilidades y competencias digitales, como lo destaca la necesidad de capacitación en áreas como big data, IoT e IA (Peña Avila, 2019). En general, se requiere de un marco normativo que incluya políticas que fomenten una formación de calidad e inclusiva y de prácticas sostenibles (Peña Avila, 2019). Proyectos futuros deben evaluar como las políticas públicas se adaptan al panorama tecnológico y abordan los nuevos desafíos en el contexto de la Industria 4.0.

Principales datos generados con los proyectos de investigación

Factores de transferencia de tecnología y su impacto en la industria manufacturera de exportación de Yucatán (Blanco-Paz, 2012).

- 25% de las empresas reportaron estar involucradas en actividades de transferencia de tecnología.
- El nivel educativo común en la fuerza de trabajo de las empresas es educación primaria.

- Las empresas que invierten en capacitación de entrenamiento destinan en promedio 7% del ingreso neto anual.
- 25% de las empresas manifestaron tener conocimiento de programas gubernamentales para la innovación.
- 33% de las empresas indicaron involucramiento en proyectos de investigación y desarrollo.
- 33% de las empresas se vinculan con universidades y escuelas de educación técnica a través de residencias.

Procesos de transferencia de tecnología entre los centros de investigación, instituciones educativas, oficinas de transferencia de tecnología y la CANIETI en Yucatán (Aguilar Tenorio, 2018).

- 42% de empresas y 36.4% de instituciones de educación indica haber participado en procesos de transferencia de tecnología.
- Las empresas tienen poco conocimiento de los servicios que ofrecen las oficinas de transferencia de tecnología (OTT) de las universidades. 58% han colaborado con alguna.
- Las empresas TI resaltan la importancia de la academia para formar la fuerza de trabajo con habilidades requeridas en el entorno laboral.
- Las compañías en promedio consideran que 50% de los graduados que contratan cumplen con las competencias técnicas que demanda la industria.

Actores, factores y mecanismos de la transferencia de tecnología en las empresas afiliadas a la CANIETI en Yucatán (Ix-Caamal, 2017)

- Todas las empresas del estudio indicaron vincularse con universidades para estancias, proyectos de investigación, y colaboración.
- Las empresas mostraron conocimiento limitado sobre involucramiento con centros de investigación.
- El 40% de la fuerza de trabajo es regional
- 80% de las empresas nunca ha registrado patentes.

Nivel de implementación de la industria 4.0 en empresas de manufactura en Mérida, Yucatán (Jiménez de la Cruz, 2020).

- 65% usa herramientas de computación en la nube
- 30% utiliza herramientas de ciberseguridad en su operación
- 5% utiliza herramientas de simulación
- 90% de las empresas se considera no preparada para integrar herramientas de industria 4.0.

- 45% indica no contar con estrategias basadas en datos para la toma de decisiones.

Implementación de la industria 4.0 en el sector de tecnologías de la información en Mérida, Yucatán (Murillo Tovar, 2021)

- 52.9% de los encuestados indico contar con habilidades para la computación en la nube.
- 50% utiliza plataformas de aprendizaje en línea para actividades de capacitación.
- 54.5% indica participar en alianzas con otras empresas del sector.

Nivel de implementación de la Industria 4.0 en el sector hospitalario del segundo y tercer nivel de atención en Yucatán (Duarte Ojeda, 2024).

- Limitada adopción tecnológica con baja inversión en tecnologías de I 4.0, y poca gestión de innovación tecnológica.
- Persisten áreas de oportunidad en automatización de procesos, intercambio de información integrada, y servicios basados en datos. El panorama es homogéneo entre hospitales públicos y privados.

Gestión del conocimiento ante la implementación del a industria 4.0 en el estado de Yucatán (Peña Avila, 2019).

- 56% indica conocer programas de financiamiento gubernamentales para proyectos tecnológicos.
- 51% indica no involucrarse en iniciativas para implementar tecnologías de industria 4.0.
- 17% de las empresas indica colaboración con universidades.

Capacidades de formación, innovación, infraestructura tecnológica, transferencia de tecnologia, y vinculación de los institutos tecnológicos del Estado de Yucatán para la industria 4.0 (Canul-Alcocer, 2021).

- Las principales áreas de conocimiento y competencias son computación en la nube, big data, internet de las cosas, simulación, y ciberseguridad.
- 66% de las instituciones tecnológicas indico visitas a empresas para alinear los programas educativos a las necesidades de la industria.

3. RESULTADOS

Contestando la pregunta de investigación ¿Cuál es el nivel de conocimiento y sensibilidad ambiental de los estudiantes de Lic. en Administración? Se obtuvieron los resultados. En la dimensión ecológica las preguntas las preguntas se refieren al nivel de conocimiento y concienciación del participante sobre los problemas ambientales,

la contaminación y su impacto en los ecosistemas y la salud humana. Un mayor número de respuestas positivas en este grupo determinan que el encuestado tiene un alto nivel de conciencia ambiental. Las variables utilizadas fueron contaminación ambiental (Tabla 1), causas de la contaminación (Tabla 2 y Figura 1) y consecuencias de la contaminación (Figura 2 y 3).

En esta dimensión contamos con 10 preguntas de las cuales 6 utilizan escala de Likert, y las otras 4 tienen opciones de respuesta que permite evaluar el nivel de conocimiento del estudiante. Los resultados sugieren que, si bien los estudiantes tienen un nivel de conocimiento medio sobre la contaminación ambiental, existe una brecha en la comprensión de sus impactos en la salud humana y en la aplicación de hábitos sostenibles. La falta de información puede estar limitando la adopción de prácticas responsables, lo que coincide con estudios previos que sugieren que la educación ambiental juega un papel crucial en la formación de profesionistas conscientes (Carrasco y Ramon, 2016). La educación ambiental desempeña un papel crucial en la promoción de prácticas sostenibles que son fundamentales para la economía social y solidaria (ESS). Al aumentar la conciencia y el conocimiento sobre temas ambientales, los individuos están mejor equipados para tomar decisiones informadas que favorecen la sostenibilidad. En el contexto del Instituto una educación ambiental robusta puede incentivar a los estudiantes a participar en iniciativas comunitarias que promuevan el desarrollo sostenible y la equidad social.

4. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Los estudios sobre la transferencia de tecnología e Industria 4.0 en Yucatán revelan un panorama dual: por un lado, se reconoce la crucial importancia de la innovación para la competitividad y el desarrollo económico, evidenciándose el impacto positivo de la transferencia tecnológica y las estrategias digitales en diversos sectores. Por otro lado, persisten desafíos significativos que frenan la adopción de nuevas tecnologías, incluyendo la formación de competencias técnicas y digitales mediante la capacitación y programas de estudio acordes a las necesidades de la industria.

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 9 (ODS 9) se centra en la construcción de infraestructura resiliente, la promoción de la industrialización inclusiva y sostenible y el fomento de la innovación (Varriale et al., 2024). El futuro de los sectores productivos de Yucatán en el marco de la ODS 9 depende de la integración estratégica de transferencia de tecnología e Industria 4.0 que incentive la innovación. Para esto, las instituciones educativas son una piedra angular en esta integración pues sirven de apoyo para la formación de personas equipadas con las competencias requeridas y la capacidad de contribuir al desarrollo sostenible (Ma et al., 2022). Además, son actores clave en el apoyo a la industria a través de colaboraciones que faciliten las

interacciones entre investigadores y profesionales para impulsar la innovación y la industrialización sostenible. Mas investigación es necesaria para apoyar a los diversos sectores a integrarse a esta nueva transformación digital pero con una perspectiva de desarrollo sostenible.

REFERENCIAS

1. Aguilar Tenorio, M. (2018). *Procesos de transferencia de tecnología entre los centros de investigación, instituciones educativas, oficinas de transferencia de tecnología y la CANIETI en Yucatan* [Tesis de maestría]. Instituto Tecnológico de Mérida.
2. Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: fabricando el futuro* (Vol. 647). Inter-American Development Bank.
3. Blanco-Paz, C. A. (2012). *Factores de transferencia de tecnología y su impacto en la industria manufacturera de exportación de Yucatan* [Tesis de maestría]. Instituto Tecnológico de Mérida.
4. Canul-Alcocer, R. M. (2021). *Capacidades de formación, innovación, infraestructura tecnológica, transferencia de tecnología y vinculación de los institutos tecnológicos del Estado de Yucatan para la Industria 4.0* [Tesis de maestría]. Instituto Tecnológico de Mérida.
5. Duarte Ojeda, E. (2024). *Nivel de implementación de la Industria 4.0 en el sector hospitalario del segundo y tercer nivel de atención en Yucatán* [Tesis de maestría]. Instituto Tecnológico de Mérida.
6. Ix-Caamal, C. P. (2017). *Actores, factores y mecanismos de la transferencia de tecnología en las empresas afiliadas a la CANIETI en Yucatan* [Tesis de maestría]. Instituto Tecnológico de Mérida.
7. Jiménez de la Cruz, J. C. (2020). *Nivel de implementación de la Industria 4.0 en empresas de manufactura en Mérida, Yucatan* [Tesis de maestría]. Instituto Tecnológico de Mérida.
8. Ma, M., Wang, N., Mu, W., & Zhang, L. (2022). The Instrumentality of Public-Private Partnerships for Achieving Sustainable Development Goals. *Sustainability*, 14(21), 13756. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/21/13756>
9. Mejía Huidobro, M. A., Camacho Vera, A. D., & Marcelino Aranda, M. (2020). Estrategias del sector público y privado para la implementación de la Industria 4.0 en México. *UPIICSA. Investigación Interdisciplinaria*, 6(1), 13-31.

10. Murillo Tovar, L. P. (2021). *Implementación de la Industria 4.0 en el sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatan* [Tesis de maestría]. Instituto Tecnológico de Mérida.
11. Navarro, M., & Sabalza, X. (2016). Reflexiones sobre la Industria 4.0 desde el caso vasco. *Ekonomiaz: Revista vasca de economía*(89), 142-173.
12. Peña Avila, N. O. (2019). *Gestión del conocimiento ante la implementación de la Industria 4.0 en el Estado de Yucatan* [Tesis de maestría]. Instituto Tecnológico de Mérida.
13. Ramos Yam, R. R. (2020). *Nivel de implementación de Industria 4.0 en dos empresas del sector automotriz en Mérida, Yucatan* [Tesis de maestría]. Instituto Tecnológico de Mérida.
14. Rodríguez Cervera, J. C. (2022). *Estrategias digitales de los restaurantes en Yucatan derivadas de la pandemia global* [Tesis de maestría]. Instituto Tecnológico de Mérida.
15. Rojas Navarrete, F. E., & Rodríguez Cabrera, N. Y. (2019). El panorama de la industria 4.0 en el marco de la formación profesional del talento humano en salud. *REDIIS / Revista de Investigación e Innovación en Salud*, 2, 99-111. <https://doi.org/10.23850/rediis.v2i0.2081>
16. Varriale, V., Cammarano, A., Michelino, F., & Caputo, M. (2024). The role of digital technologies in production systems for achieving sustainable development goals. *Sustainable Production and Consumption*, 47, 87-104. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.03.035>
17. World Health Organization. (2012). *Local production and technology transfer to increase access to medical devices: addressing the barriers and challenges in low-and middle-income countries*. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/336774/9789241504546-eng.pdf>
18. Ynzunza Cortés, C. B., Izar Landeta, J. M., Bocarando Chacón, J. G., Aguilar Pereyra, F., & Larios Osorio, M. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*, (54). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94454631006>.