

Educación superior en semiconductores como motor de integración tecnológica en América Latina y El Caribe

Higher Education in Semiconductors as a Driver of Technological Integration in Latin America and the Caribbean

¹Héctor Manuel Manzanilla-Granados

²Zaira Navarrete-Cazales

¹Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo, Departamento de Ciencias Básicas, Ciudad de México, México, email: hmanzanilla@ipn.mx; ORCID: 0000-0002-0276-1853

²Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras, Departamento de Pedagogía, Ciudad de México, México, email: znavarrete@filos.unam.mx, Ciudad de México, México, email: znavarrete@filos.unam.mx; ORCID: 0000-0002-2293-2058

Autor para correspondencia: Zaira Navarrete-Cazales, email: znavarrete@filos.unam.mx

Recibido: 1/09/2024; **Aprobado:** 5/11/2024

Resumen

Este artículo analiza la importancia de la educación en semiconductores como un motor para la integración tecnológica en América Latina y El Caribe. Destaca la necesidad de programas educativos especializados en semiconductores para formar profesionales capaces de desarrollar y fabricar chips, con el objetivo de atraer inversión extranjera directa y fortalecer la competitividad global de la región. Se realizó una revisión documental de estudios previos y análisis de casos exitosos en otras regiones, enfocándose en la situación actual de la educación en

Abstract

This article analyzes the importance of semiconductor education as a driver for technological integration in Latin America and El Caribe. It highlights the need for specialized educational programs in semiconductors to train professionals capable of developing and manufacturing chips, with the goal of attracting foreign direct investment and strengthening the region's global competitiveness. A documentary review of previous studies and case analysis of successful initiatives in other regions was conducted, focusing on the current state of semiconductor

semiconductores en América Latina y en las estrategias para implementar estos programas. Se identificaron limitaciones significativas, como la falta de infraestructura y profesores especializados en la región, aunque países como Brasil y México han comenzado a desarrollar programas. Los programas educativos propuestos tienen el potencial de generar empleos de alta calidad e impulsar la innovación tecnológica. La implementación de programas educativos en semiconductores es crucial para el desarrollo tecnológico y económico de la región. La colaboración entre universidades, gobiernos e industria es clave para superar los desafíos y posicionar a América Latina y El Caribe como un actor relevante en la cadena global de valor de la industria de semiconductores.

Palabras clave: Educación superior, semiconductores, integración tecnológica, América Latina, inversión extranjera.

education in Latin America and strategies for implementing these programs. Significant limitations were identified, such as the lack of infrastructure and specialized teachers in the region, although countries like Brazil and Mexico have started developing programs. The proposed educational programs have the potential to generate high-quality jobs and boost technological innovation. The implementation of educational programs in semiconductors is crucial for the technological and economic development of the region. Collaboration between universities, governments, and industry is key to overcoming challenges and positioning Latin America and the Caribbean as a relevant player in the global semiconductor industry value chain.

Keywords: Higher education, semiconductors, technological integration, Latin America, foreign investment.



Inteligencia artificial, una mirada desde la asignatura metodología de la investigación científica: un relato de experiencia docente by Luis Felipe García Rosado is [licensed under CC BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

1. Introducción

La tecnología de semiconductores es esencial en la economía moderna, con aplicaciones que van desde teléfonos inteligentes hasta vehículos eléctricos y redes de telecomunicaciones. Su producción es vital para la competitividad tecnológica y económica, y también es un motor para la innovación en áreas como la inteligencia artificial y las energías renovables (Brown, Linden & Macher, 2005; Chien et al., 2011). Este artículo es una revisión documental que explora cómo la educación superior puede impulsar la integración tecnológica en América Latina y El Caribe a través de la formación en semiconductores.

En el ámbito de la educación superior, la formación en áreas tecnológicas clave es esencial para impulsar la competitividad global y el desarrollo económico de cualquier región. La industria de semiconductores, que sostiene gran parte de la economía digital, no solo es crucial para sectores avanzados como la inteligencia artificial y la robótica, sino también para industrias tradicionales como la automotriz y las telecomunicaciones. Sin embargo, América Latina y El Caribe ha quedado rezagada en este campo debido, entre otras cosas, a la escasez de programas educativos especializados que formen a profesionales capacitados en esta área estratégica (Arciénaga Morales et al., 2018).

Las universidades juegan un papel clave en la formación de talento que no solo

sea capaz de innovar, sino también de atraer inversión extranjera directa y fomentar la creación de empleos de alta calidad (Garrido, 2022; Navarrete, 2024). Si bien países como Brasil y México han comenzado a desarrollar programas en semiconductores, la oferta educativa sigue siendo limitada en comparación con la creciente demanda mundial de profesionales capacitados en este campo (Comisión Económica para América Latina y El Caribe [CEPAL], 2022; Fondo Monetario Internacional [FMI], 2023).

La falta de programas educativos especializados en semiconductores afecta el potencial económico de la región y aumenta su dependencia de la importación de tecnología y talento, limitando su competitividad global (CEPAL, 2023). Sectores estratégicos como el automotriz, las telecomunicaciones y la energía dependen de semiconductores avanzados, lo que subraya la urgencia de invertir en educación especializada en esta área. En este contexto, el fortalecimiento de programas de estudio en semiconductores podría atraer inversiones, reducir los costos de relocalización de empresas y promover la creación de empleos de alta calidad (Kasimaxunova & Umarova, 2023). Mientras que Asia y América del Norte han liderado el desarrollo de la industria de semiconductores, con China consolidándose como un actor clave tras importantes inversiones (VerWey, 2019), América Latina sigue atrasada. No obstante, recientemente, el Gobierno de Estados Unidos anunció una iniciativa para promover la producción de semiconductores

en México, Panamá y Costa Rica. El programa destinará fondos del Departamento de Estado y del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para financiar proyectos de ensamblaje, prueba y empaquetado de semiconductores en estos tres países (Forbes Staff, 2024). En este sentido, Intel Hispanoamérica para Forbes México ha señalado que Latinoamérica se está posicionando como uno de los destinos de inversión para la producción de semiconductores, con dos países a la cabeza: Costa Rica y México (Cardona, 2024).

Por lo señalado anteriormente, el objetivo principal de este trabajo es analizar el impacto que tendría la implementación de programas de estudio especializados en semiconductores en las universidades de América Latina y El Caribe, y cómo estos podrían fortalecer la integración tecnológica de la región, reducir la dependencia tecnológica del extranjero, atraer inversión extranjera directa y fomentar la creación de empleos de alta calidad. Esta investigación busca responder a la pregunta: ¿por qué es fundamental formar profesionales en semiconductores y cómo podría esta formación impactar en el desarrollo económico y tecnológico de la región?

A través de este análisis, se busca identificar las ventajas y los desafíos asociados a la formación de profesionales en semiconductores, y proponer estrategias educativas que permitan impulsar el desarrollo económico y tecnológico en la región. La importancia teórica radica en

aportar un marco conceptual para entender la relación entre educación superior y desarrollo tecnológico, mientras que la importancia práctica se centra en ofrecer soluciones concretas para implementar programas educativos en semiconductores. Sin duda, la colaboración entre universidades, gobiernos e industria es fundamental para alinear los programas educativos con las demandas del mercado global, garantizando que la región desarrolle una fuerza laboral especializada capaz de afrontar los desafíos de la economía digital.

2. Revisión de la literatura

La educación en semiconductores en América Latina y El Caribe enfrenta una serie de desafíos estructurales y académicos que han impedido su pleno desarrollo. Para entender el contexto actual, es necesario revisar los antecedentes de los programas de estudio en la región, así como las experiencias de otros países que han logrado integrar exitosamente la formación en semiconductores a sus sistemas de educación superior.

Diversas investigaciones han destacado la importancia de una infraestructura educativa sólida en el desarrollo tecnológico. Brown et al., (2005) señalan que la formación en semiconductores es una de las claves para que los países en desarrollo puedan insertarse de manera competitiva en la economía global del conocimiento. Además, algunos autores (Chen et al., 2013; Elia et al., 2020; Keller &

Pauly, 2009; Wang & Chiu, 2014) sostienen que la integración de la industria tecnológica con la educación superior no solo fortalece la capacidad innovadora de una región, sino que también genera empleos de alta calidad y fomenta la creación de startups tecnológicas.

A nivel mundial, países como Estados Unidos, China y Taiwán han invertido significativamente en la educación en semiconductores, desarrollando programas educativos y colaboraciones universidad-industria que han impulsado su liderazgo en el sector (VerWey, 2019). En contraste, en el contexto de América Latina, la CEPAL ha advertido sobre la brecha educativa existente en sectores tecnológicos avanzados. Según informes de la CEPAL (2022; 2023), la dependencia de tecnología importada y la falta de programas de estudio especializados limitan la capacidad de los países de la región para desarrollar autonomía tecnológica. Aunque países como Brasil y México han comenzado a implementar programas de estudio en semiconductores, la oferta sigue siendo limitada. Arciénaga Morales et al. (2018) y Mohammad, Elomri y Kerbach (2022) subrayan que la falta de personal docente calificado y de infraestructura educativa avanzada impide la creación de un ecosistema local de innovación.

El concepto de nearshoring, o la relocalización de actividades productivas hacia regiones más cercanas a los mercados de consumo, ha ganado terreno en América Latina como una oportunidad única

para integrar a la región en la cadena de valor global de los semiconductores. Según VerWey (2019), países como China han logrado avances significativos mediante la combinación de políticas educativas y tecnológicas que fortalecen su industria de semiconductores. A nivel regional, iniciativas como el Plan Sonora de Energías Sostenibles en México buscan replicar este éxito, impulsando programas de estudio en semiconductores para atraer inversión extranjera y desarrollar industrias locales.

Además, la revisión de la literatura muestra que la colaboración entre universidades y la industria es fundamental para el éxito de los programas de estudio en semiconductores. Kasimaxunova y Umarova (2023) señalan que las alianzas estratégicas entre la academia y las empresas tecnológicas pueden garantizar que los programas estén alineados con las necesidades del mercado laboral, mientras que Abdel-Motaleb (2014) destaca la importancia de los laboratorios bien equipados para la enseñanza práctica de la fabricación de chips.

En resumen, la literatura revisada confirma la necesidad urgente de fortalecer los programas de estudio en semiconductores en América Latina y El Caribe. La contextualización a nivel mundial y regional muestra que, mientras otras regiones avanzan rápidamente, América Latina necesita implementar estrategias efectivas para no quedarse rezagada.

3. Métodos

El enfoque metodológico de este artículo es cualitativo y exploratorio, dado que se busca analizar y presentar propuestas educativas específicas para la formación en semiconductores en América Latina y El Caribe. Este enfoque permite una comprensión del contexto educativo y tecnológico, así como la identificación de mejores prácticas y modelos exitosos en otras regiones (Creswell & Poth, 2018). Se emplearon diversas estrategias de recopilación de datos, incluyendo la revisión bibliográfica y el análisis documental. La revisión bibliográfica abarcó artículos académicos, informes técnicos y publicaciones de organismos internacionales, mientras que el análisis documental se centró en programas de estudio y programas de asignatura existentes en universidades reconocidas. Estos métodos permitieron recopilar información cualitativa detallada sobre las necesidades del mercado y las experiencias de implementación de programas de estudio en semiconductores (Merriam & Tisdell, 2015). Los datos recopilados fueron analizados utilizando técnicas de codificación temática, lo que permitió identificar patrones y temas recurrentes que informaron el desarrollo de la propuesta educativa. Este análisis facilitó la comparación entre diferentes modelos educativos y la adaptación de las mejores prácticas a las necesidades y contextos específicos de América Latina y El Caribe (Braun & Clarke, 2006).

La elección de una metodología cualitativa y exploratoria se justifica por la naturaleza del problema investigado y los objetivos del artículo. Dado que la formación en semiconductores es un campo emergente en América Latina y El Caribe, era crucial adoptar un enfoque flexible y adaptativo que permitiera una exploración detallada de diversas fuentes de información y perspectivas. Este enfoque también permite incorporar experiencias y conocimientos prácticos de expertos en el campo, asegurando que las recomendaciones sean realistas y aplicables. Además, facilita la identificación de innovaciones y estrategias que han demostrado ser exitosas en otras regiones, ofreciendo un marco robusto para la adaptación e implementación en el contexto latinoamericano (Stake, 2010).

4. Resultados y discusión

4.1. Panorama del estado actual de la educación en semiconductores en América Latina y El Caribe

La educación en semiconductores en América Latina y El Caribe se encuentra en una fase inicial. Aunque existen algunos programas y esfuerzos aislados, la región carece de una infraestructura educativa robusta para formar profesionales especializados en semiconductores. Por ejemplo, en países como Brasil y México, algunas universidades y centros de investigación han comenzado a desarrollar programas de estudio y laboratorios especializados, pero estos son la excepción más que la regla.

En Brasil, la Universidad Estadual de Campinas (UNICAMP) y el Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) han implementado programas que incluyen cursos sobre semiconductores y acceso a laboratorios bien equipados; sin embargo, estos programas están limitados a unas pocas instituciones privilegiadas. De manera similar, en México, la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) y la Universidad de Sonora ofrecen carreras relacionadas con semiconductores.

Por su parte, el Tecnológico Nacional de México (TecNM) inició en mayo de 2023 un diplomado en semiconductores y lanzó la carrera de Ingeniería en Semiconductores en 17 planteles, como parte de un proyecto estratégico de formación de talento especializado enmarcado en el Plan Sonora de Energías Sostenibles (TecNM, 2023; Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica [INAOE], 2023).

En otros países de la región, la situación es aún más precaria. Muchas universidades carecen de los recursos financieros y tecnológicos para establecer programas de estudio especializados en semiconductores. Además, hay una escasez de profesores con la experiencia necesaria para enseñar y realizar investigaciones en este campo. Esta falta de infraestructura educativa limita significativamente la capacidad de la región para desarrollar una fuerza laboral calificada y, por ende, para atraer inversiones en esta industria.

4.2. Necesidades del mercado y capacidades actuales de las universidades

El mercado de semiconductores está en constante crecimiento, impulsado por la demanda global de dispositivos electrónicos avanzados. En América Latina y El Caribe, hay un creciente interés en desarrollar capacidades locales para diseñar y fabricar semiconductores, no solo para satisfacer la demanda interna sino también para participar en la cadena de suministro global de esta industria.

Según informes recientes de la CEPAL (2022; 2023), la región enfrenta una escasez crítica de profesionales capacitados en alta tecnología, lo que ha llevado a una dependencia significativa de la importación de tecnología y talento del extranjero. Esta situación incrementa los costos y reduce la competitividad de América Latina y El Caribe en el mercado global. Además, la falta de profesionales especializados limita la capacidad de la región para innovar y desarrollar productos avanzados, lo que afecta su posición en la economía mundial.

Las capacidades actuales de las universidades en la región son insuficientes para satisfacer la demanda del mercado. La mayoría de las universidades carecen de programas de estudio específicos en semiconductores, y los pocos que existen no están equipados con laboratorios y recursos adecuados. Además, hay una falta de coordinación entre las universidades y la industria, lo que resulta en programas educativos que no están del todo

alineados con las necesidades del mercado laboral. Para abordar estos desafíos, es necesario invertir en la infraestructura educativa y fomentar la colaboración entre la academia y la industria.

4.3. Propuesta para la formación de profesionales en semiconductores

El programa de estudio para la formación en semiconductores debe ser integral y estar diseñado para proporcionar tanto conocimientos teóricos como habilidades prácticas. Un programa de estudio es el conjunto de asignaturas y actividades académicas que conforman una carrera o grado académico, incluyendo objetivos, contenidos, metodologías y evaluación. Por otro lado, un programa de asignatura se refiere al plan detallado de una materia específica dentro del programa de estudio, incluyendo objetivos específicos, contenidos temáticos, actividades y criterios de evaluación. Se propone un programa de cuatro años que incluye los siguientes componentes:

1. Fundamentos de física y electrónica:

- Física de semiconductores: estudio de las propiedades electrónicas y ópticas de los materiales semiconductores.
- Circuitos electrónicos básicos y avanzados: diseño y análisis de circuitos electrónicos.
- Fundamentos de materiales semiconductores: composición y propiedades de los materiales utilizados en semiconductores.

2. Diseño y fabricación de semiconductores:

- Diseño de circuitos integrados: técnicas y herramientas para el diseño de circuitos integrados.
- Técnicas de fabricación y procesamiento de semiconductores: métodos de fabricación, incluyendo litografía y deposición de materiales.
- Métodos de prueba y análisis de semiconductores: técnicas para la prueba y caracterización de dispositivos semiconductores.

3. Aplicaciones y tecnología de semiconductores:

- Dispositivos de microelectrónica: diseño y aplicación de dispositivos microelectrónicos.
- Nanotecnología y semiconductores avanzados: tecnologías emergentes y su aplicación en semiconductores.
- Aplicaciones en telecomunicaciones, automotriz y otras industrias: uso de semiconductores en diversas aplicaciones industriales.

4. Proyectos y prácticas profesionales:

- Laboratorios de diseño y fabricación: prácticas en laboratorios equipados con tecnologías avanzadas.
- Proyectos de investigación y desarrollo: participación en proyectos de investigación aplicada.

- Prácticas en la industria y colaboración con empresas tecnológicas: experiencia práctica en empresas del sector.

El perfil del egresado de este programa incluiría competencias como el dominio de técnicas de diseño y fabricación de semiconductores, habilidades en investigación y desarrollo, y capacidad para trabajar en equipos multidisciplinarios. Las estrategias metodológicas incluirían aprendizaje basado en proyectos, prácticas de laboratorio y colaboración con la industria. El sistema de evaluación combinaría evaluaciones teóricas, prácticas y proyectos integradores. La duración del programa sería de cuatro años, y el pensum estaría estructurado de manera progresiva, avanzando desde fundamentos básicos hasta aplicaciones avanzadas.

La implementación de un plan de estudios integral en semiconductores en las universidades de América Latina y El Caribe es un paso crucial para cerrar la brecha de talento en esta industria estratégica. Este programa no solo debe incluir componentes teóricos y prácticos robustos, sino también estar alineado con las necesidades del mercado laboral. La creación de una base sólida en física, electrónica, diseño y fabricación de semiconductores, junto con prácticas profesionales y proyectos de investigación, garantizará que los graduados estén bien preparados para enfrentar los desafíos del sector.

Según Endeavor (2022), el ecosistema emprendedor se beneficiaría enormemente de una mano de obra calificada, lo que a su vez fomentaría la creación de startups tecnológicas y la atracción de inversiones. Además, es fundamental que estas iniciativas educativas sean sostenibles y reciban el apoyo continuo de las instituciones académicas y gubernamentales.

4.4. Estrategias de colaboración con la industria

La colaboración con la industria es esencial para asegurar que los programas de estudio estén alineados con las necesidades del mercado y para proporcionar a los estudiantes experiencias prácticas relevantes. Se proponen las siguientes estrategias:

1. Convenios con empresas de semiconductores:

- Establecer acuerdos con empresas líderes para la realización de prácticas profesionales y proyectos de investigación conjuntos.
- Crear programas de intercambio donde los estudiantes puedan trabajar temporalmente en empresas de semiconductores.

2. Programas de mentoría y capacitación:

- Involucrar a profesionales de la industria como mentores y profesores invitados para compartir sus conocimientos y experiencias.

- Organizar talleres y seminarios impartidos por expertos de la industria.

3. Desarrollo de centros de investigación aplicada:

- Crear centros de investigación en colaboración con la industria para trabajar en proyectos de innovación y desarrollo tecnológico.
- Fomentar la participación de estudiantes en proyectos de investigación aplicada que aborden problemas reales del sector.

La colaboración con la industria es fundamental para el éxito de los programas de formación en semiconductores, ya que permite alinear los programas educativos con las necesidades del mercado y proporcionar a los estudiantes experiencias prácticas relevantes. Establecer convenios con empresas, desarrollar programas de mentoría y capacitación, y crear centros de investigación aplicada en colaboración con la industria son estrategias clave que, además de enriquecer la formación académica, fortalecen la relación entre universidades e industria, creando un ecosistema de innovación y desarrollo sostenible. Este enfoque también es crucial para atraer inversión en fábricas de desarrollo de chips. Iniciativas como estas no solo impulsan la formación de talento especializado, sino que también fomentan el desarrollo económico y tecnológico regional, posicionando a América Latina y El Caribe como un actor competitivo en el mercado global.

4.5. Iniciativas para atraer inversión en fábricas de desarrollo de chips

Para atraer inversión en fábricas de desarrollo de chips, es fundamental crear un entorno favorable que incluya incentivos fiscales, infraestructura adecuada y una fuerza laboral capacitada. Algunas iniciativas clave incluyen:

1. Zonas francas y parques tecnológicos:

- Establecer zonas económicas especiales y parques tecnológicos con beneficios fiscales y facilidades para la instalación de fábricas de semiconductores.
- Proporcionar infraestructura avanzada y servicios de apoyo a las empresas que se instalen en estas zonas.

2. Programas de subsidios y financiamiento:

- Implementar programas de subsidios y financiamiento para apoyar la creación y expansión de fábricas de semiconductores.
- Ofrecer financiamiento a bajo interés para proyectos de infraestructura tecnológica.

3. Campañas de promoción y atracción de inversiones:

- Desarrollar campañas de promoción a nivel internacional para atraer a empresas de semiconductores a invertir en la región.
- Participar en ferias y eventos internacionales del sector para presentar las ventajas competitivas de la región.

Para complementar los programas educativos en semiconductores, se sugiere la implementación de políticas públicas que incluyan incentivos fiscales y regulatorios para las empresas que decidan relocarse en la región. Esto podría incluir exenciones fiscales durante los primeros años de operación, subsidios para la construcción de instalaciones tecnológicas, y facilidades para la importación de equipos especializados.

La inversión en infraestructura es crucial para atraer a las empresas de semiconductores. Se recomienda la creación de parques tecnológicos y zonas económicas especiales con instalaciones de última generación que estén estrechamente vinculadas con las universidades que ofrezcan programas de formación en semiconductores. Esta infraestructura debe incluir no solo laboratorios y centros de I+D, sino también redes de suministro eficientes y servicios logísticos avanzados. El Banco Mundial (2023; 2024) señala que el desarrollo regional está estrechamente ligado a la capacidad de innovación y la adaptación tecnológica, lo que puede transformar las economías locales y regionales.

En este contexto, se destaca que Brasil planea convertirse en el primer exportador de chips semiconductores en América Latina. Esta iniciativa subraya la importancia de crear un entorno propicio para el desarrollo de la industria de semiconductores en la región (Retamar, 2024), lo que podría servir de ejemplo para otros países interesados en atraer inversiones y

desarrollar su capacidad tecnológica. Por su parte, el Gobierno de Estados Unidos anunció una iniciativa para promover la producción de semiconductores en México, Panamá y Costa Rica. El programa destinará fondos del Departamento de Estado y del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para financiar proyectos de ensamblaje, prueba y empaquetado de semiconductores en estos tres países (Forbes Staff, 2024).

4.6. Posibles desafíos y soluciones para implementar la propuesta

Desafío 1. Falta de infraestructura

- Recomendación: establecer alianzas público-privadas para financiar la construcción y equipamiento de laboratorios. Buscar fondos internacionales y subvenciones de organismos como el BID para apoyar estas iniciativas.

Desafío 2: Escasez de profesores especializados

- Recomendación: implementar programas de capacitación y desarrollo profesional para los profesores actuales. Atraer talentos internacionales a través de convenios y programas de intercambio. Ofrecer incentivos económicos y académicos para atraer a expertos en semiconductores.

Desafío 3: Desconexión entre la academia y la industria

- Recomendación: establecer comités consultivos que incluyan representantes de la industria para asegurar que los programas de estudio se mantengan relevantes y actualizados. Fomentar la participación de la industria en la educación a través de prácticas profesionales y proyectos conjuntos.

Desafío 4: Falta de financiamiento sostenible

- Recomendación: desarrollar modelos de financiamiento mixtos que combinen recursos públicos y privados. Explorar la creación de programas de educación continua y formación profesional que generen ingresos adicionales.

Desafío 5: Retención de talento

- Recomendación: crear un entorno laboral atractivo en la región, ofreciendo salarios competitivos y oportunidades de desarrollo profesional. Promover programas de incubación de startups y emprendimientos tecnológicos.

A través de alianzas público-privadas, programas de capacitación para profesores, la creación de comités consultivos con la industria, modelos de financiamiento mixtos y la creación de un entorno laboral atractivo, es posible superar estas barreras. La implementación de estas soluciones no solo fortalecerá los programas educativos en semiconduc-

tores, sino que también fomentará un ecosistema de innovación y desarrollo tecnológico sostenible en la región. El éxito de estas iniciativas depende de un enfoque integral y colaborativo que involucre a todos los actores relevantes, desde las universidades y la industria hasta los gobiernos y organismos internacionales.

5. Conclusiones

La interacción entre educación especializada e inversión extranjera directa puede generar un círculo virtuoso. A medida que las universidades producen profesionales altamente capacitados, las empresas se sentirán más incentivadas a establecerse en la región, lo que a su vez aumentará la demanda de programas educativos especializados. Este proceso fortalece la infraestructura educativa y tecnológica, y mejora la competitividad global de América Latina y El Caribe.

El desarrollo de programas de estudio en semiconductores y la atracción de inversiones no solo benefician a las economías nacionales, sino que también tienen un impacto positivo en el desarrollo regional. Las zonas que se convierten en hubs de semiconductores pueden experimentar un crecimiento acelerado, con la creación de empleos bien remunerados y el surgimiento de nuevas empresas tecnológicas locales. Esto contribuye a una mayor diversificación económica y a una reducción de la dependencia de sectores tradicionales.

En conclusión, la implementación de programas de estudio en semiconductores en América Latina y El Caribe no solo es viable, sino también esencial para el desarrollo económico y tecnológico de la región. La importancia teórica de esta propuesta radica en proporcionar un marco conceptual para entender cómo la educación especializada puede impulsar el desarrollo tecnológico y económico. La importancia práctica se refleja en las soluciones concretas propuestas para superar los desafíos existentes y construir un futuro próspero y sostenible basado en la innovación y la tecnología.

Referencias bibliográficas

- Abdel-Motaleb, I. M. (2014). Integrating power semiconductor device courses in electrical engineering curricula, a review paper. In IEEE International Conference on Electro/Information Technology (pp. 524-529). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6871818>
- Arciénaga Morales, A. A., Nielsen, J., Bacarini, H. A., Martinelli, S. I., Kofuji, S. T., & García Díaz, J. F. (2018). Technology and innovation management in higher education—Cases from Latin America and Europe. *Administrative Sciences*, 8(2), 11. <https://www.mdpi.com/2076-3387/8/2/11>
- Banco Mundial. (2023). *Reporte de desarrollo regional*. <https://www.worldbank.org/en/topic/regionaldevelopment>
- Banco Mundial. (2024). *Perspectivas económicas mundiales: Región de América Latina y El Caribe*. <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/f43fb9163f5e4704740c-30b614a9ad59-0050012024/related/GEP-June-2024-Regional-Highlights-LAC-SP.pdf>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Brown, C., Linden, G., & Macher, J. T. (2005, January). Offshoring in the semiconductor industry: A historical perspective [with comment and discussion]. In *Brookings trade forum* (pp. 279-333). Brookings Institution Press. <https://www.jstor.org/stable/25058769>
- Caravella, S., Crespi, F., Cucignatto, G., & Guarascio, D. (2024). Technological sovereignty and strategic dependencies: The case of the photovoltaic supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 434, 140222. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623043809>
- Cardona, S. (2024, septiembre 3). Cómo los semiconductores se convirtieron en la clave para un futuro económico

- sólido en Latinoamérica. *Forbes México*. https://www.forbes.com.mx/como-los-semiconductores-se-convirtieron-en-la-clave-para-un-futuro-economico-solido-en-latinoamerica/?utm_source=www.espressomatutino.com&utm_medium=newsletter&utm_campaign=lider-indiscutible&_bhlid=-123343b0f80c15dc7694e3a2e12ea964cb8bd5f7
- Chen, W. T., Lin, Y. L., Lee, C. Y., Chiang, J. L., Chang, M. F., & Chang, S. C. (2013). Strengthening modern electronics industry through the National Program for intelligent electronics in Taiwan. *IEEE Access*, 1, 123-130. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6515295>
- Chien, C. F., Dauzère-Pérès, S., Ehm, H., Fowler, J. W., Jiang, Z., Krishnaswamy, S., ... & Uzsoy, R. (2011). Modelling and analysis of semiconductor manufacturing in a shrinking world: challenges and successes. *European Journal of Industrial Engineering* 4, 5(3), 254-271. <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/EJIE.2011.041616>
- Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL). (2022). *Panorama Social de América Latina y El Caribe 2022: Transformar la educación como base para el desarrollo sostenible*. Santiago de Chile: CEPAL. *Panorama Social de América Latina y El Caribe 2022: la transformación de la educación como base para el desarrollo sostenible (cepal.org)*
- Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL). (2023). *Panorama Social de América Latina y El Caribe 2023: La inclusión laboral como eje central del desarrollo social inclusivo*. Santiago de Chile: CEPAL. *Panorama Social de América Latina y El Caribe 2023: la inclusión laboral como eje central para el desarrollo social inclusivo (cepal.org)*
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches. *Sage publications*. https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=DLbBDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Qualitative+inquiry+and+research+design:+Choosing+among+five+approaches&ots=-ip53aMW-Qy&sig=3eQ63AJS-omo5N7ZgdA-MGh1UcQA&redir_esc=y#v=onepage&q=Qualitative%20inquiry%20and%20research%20design%3A%20Choosing%20among%20five%20approaches&f=false
- Elia, G., Petruzzelli, A. M., & Urbinati, A. (2020). Implementing open innovation through virtual brand communities: A case study analysis in the semiconductor industry. *Technological forecasting and social change*, 155, 119994. <https://www.science->

- direct.com/science/article/abs/pii/S0040162519320700
- Endeavor. (2022). *Ecosistema emprendedor en México*. <https://www.endeavor.org>
- Fondo Monetario Internacional (FMI). (2023). *Perspectivas económicas regionales para América Latina*. <https://www.imf.org/es/Publications/REO/Issues/2023/05/02/Regional-Economic-Outlook-Latin-America-and-the-Caribbean>
- Fondo Monetario Internacional (FMI). (2023b). *Regional Economic Outlook: Western Hemisphere: Securing Low Inflation and Nurturing Potential Growth. International Monetary Fund*. <https://doi.org/10.5089/9798400254567.086>
- Forbes Staff. (2024, julio 17). EU acuerda con México, Panamá y Costa Rica impulsar producción de semiconductores. *Forbes México*. <https://www.forbes.com.mx/eu-acuerda-con-mexico-panama-y-costa-rica-impulsar-produccion-de-semiconductores/>
- Garrido, C. (2022). *México en la fábrica de América del Norte y el nearshoring*. Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/8b789717-769f-4208-9a8b-0db8c42bc82e/content>
- Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). (2023, 14 de septiembre). *El INAOE y el TecNM colaborarán en la capacitación de docentes en el área de semiconductores*. <https://www.inaoep.mx/noticias/?-noticia=1114&anio=2023>
- Kasimaxunova, A., & Umarova, G. (2023). Issues of Effective Study of Semiconductor Device Properties in Engineering Educational Institutions. *Journal of Higher Education Theory & Practice*, 23(12). <https://openurl.ebsco.com/EPD-B%3Agcd%3A13%3A22526829/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A170382044&crl=c>
- Keller, W. W., & Pauly, L. W. (2009). Innovation in the Indian semiconductor industry: The challenge of sectoral deepening. *Business and Politics*, 11(2), 1-21. <https://www.cambridge.org/core/journals/business-and-politics/article/abs/innovation-in-the-indian-semiconductor-industry-the-challenge-of-sectoral-deepening/44383D85A6420D0B5D3AC35D-2532C3AD>
- Merriam, S. B., & Tisdell, E. J. (2015). *Qualitative research: A guide to design and implementation*. Jossey-Bass. <https://www.wiley.com/en-us/Qualitative+Research%3A+A+Guide+to+Design+and+Implementation%2C+4th+Edition-p-9781119003618>

- Mohammad, W., Elomri, A., & Kerbache, L. (2022). The global semiconductor chip shortage: Causes, implications, and potential remedies. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 476-483. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896322017293>
- Navarrete, Z. (2024). *Una propuesta para la integración de la educación superior de América Latina y El Caribe a través de las STEM*. Presentado en la 100 Reunión del Consejo Ejecutivo de la Unión de Universidades de América Latina y El Caribe, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://75aniversario.udualc.org/wp-content/uploads/2024/04/9-Dra-Zaira-Navarrete.pdf>
- Retamar, N. (2024, 2 de julio). *Brasil planea convertirse en el primer exportador de chips semiconductores en América Latina*. Agencia de Noticias UNQ. Recuperado de <https://agencia.unq.edu.ar/?p=20971>
- Stake, R. E. (2010). Qualitative research: Studying how things work. *Guilford Press*. <https://www.guilford.com/books/Qualitative-Research/Robert-Stake/9781606235454>
- Tecnológico Nacional de México (TecNM). (2023). *Ingeniería y Posgrados en Semiconductores del Tecnológico Nacional de México*. https://www.tecnm.mx/normateca/Direcci%C3%B3n%20de%20Docencia%20e%20Innovaci%C3%B3n%20Educativa/LIBRO_GUINDA_INGENIERIA_EN_SEMICONDUCTORES_2023_TERMINADO.pdf
- VerWey, J. (2019). *Chinese semiconductor industrial policy: Prospects for future success*. *J. Int'l Com. & Econ.*, 1. <https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/jice2019&div=6&id=&page=>
- Wang, C. T., & Chiu, C. S. (2014). Competitive strategies for Taiwan's semiconductor industry in a new world economy. *Technology in Society*, 36, 60-73. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0160791X13000870>

Contribución de autores

Conceptualización: ZNC., HMMG; metodología: ZNC; validación: HMMG; análisis formal: HMMG., ZNC; investigación: HMMG., ZNC; recursos: HMMG., ZNC; curaduría de datos: HMMG., ZNC; escritura (borrador original): ZNC., HMMG; escritura (revisión y edición): HMMG., ZNC; visualización: HMMG; supervisión: HMMG.