

Sostenibilidad exportadora en México: diversificación verde y complejidad económica

María Guadalupe Montiel-Hernández¹   - Universidad Autónoma del Estado de México, México

Carla Carolina Pérez-Hernández  - Universidad Autónoma del Estado de México, México

Fernando Gómez-Zaldívar  - Tecnológico de Monterrey, México

Manuel Gómez-Zaldívar  - Universidad de Guanajuato, México

Resumen

El objetivo la presente es identificar oportunidades de diversificación exportadora hacia productos con beneficios ambientales en México, que contribuyan a una transición hacia una economía verde. Se emplea una metodología basada en la métrica de complejidad económica utilizando indicadores como exportaciones promedio, ventaja comparativa revelada, afinidad total, nivel de ingreso asociado a los productos, intensidad de emisiones y desigualdad GINI a nivel producto. Los resultados muestran 57 productos verdes con alto potencial para el país, agrupados según su factibilidad y retorno estimado. Se recomienda utilizar este portafolio como insumo para estrategias de política industrial y comercial orientadas a la sostenibilidad exportadora. Entre las limitaciones destacan la disponibilidad y desagregación de datos ambientales y sociales a nivel de producto. La investigación es original al integrar variables económicas, sociales y ambientales dentro del marco analítico de la complejidad económica, ampliando su potencial interpretativo. Se concluye que la diversificación verde basada en capacidades productivas existentes representa una vía viable y estratégica para avanzar hacia un modelo de desarrollo sostenible, al tiempo que fortalece la formulación de políticas públicas más alineadas con los desafíos del cambio climático.

Clasificación JEL: F18, Q56, R11, O13, C82, H23

Palabras clave: Economía verde, complejidad económica, afinidad, diversificación, sostenibilidad.

Sustainable Exports in Mexico: Green diversification and economic complexity

Abstract

The objective of this study is to identify opportunities for export diversification toward products with environmental benefits in Mexico, contributing to a transition toward a green economy. The methodology is based on the Economic Complexity framework, using indicators such as average exports, revealed comparative advantage, total relatedness, income level associated with products, emission intensity, and product-level GINI inequality. The results identify 57 green products with high potential for the country, grouped according to their feasibility and estimated return. It is recommended that this portfolio be used as input for industrial and trade policy strategies aimed at sustainable exports. Among the limitations are the availability and disaggregation of environmental and social data at the product level. This research is original in its integration of economic, social, and environmental indicators within the analytical framework of economic complexity, broadening its interpretive potential. The study concludes that green diversification, grounded in existing productive capabilities, represents a viable and strategic pathway for advancing toward a sustainable development model, while also strengthening the formulation of public policies that are better aligned with the challenges posed by climate change.

Clasificación JEL: F18, Q56, R11, O13, C82, H23

Keywords: Green economy, economic complexity, relatedness, diversification, sustainability.

¹ Corresponding Author. Email: maria_montiel@uaeh.edu.mx

1. Introducción

Actualmente, México y el mundo sufren una crisis ambiental. Diversas regiones han dedicado esfuerzos para frenar el cambio climático y mitigar los daños mediante políticas públicas. A pesar de los esfuerzos, no se ha logrado una transición a una economía que cuide completamente al medioambiente, de ahí la necesidad de avanzar hacia una economía verde. Para lograr la transición a una economía verde y el camino a la sostenibilidad, es necesario el desarrollo de productos con beneficios ambientales que puedan mejorar la competitividad internacional y detener el daño ambiental (Mealy y Teytelboym, 2020). Esta transición resulta esencial para mitigar los impactos al ambiente, detener el cambio climático y con ello generar un crecimiento económico sostenible. Reconocer productos con beneficios ambientales es una alternativa útil, con ello, las regiones pueden establecer políticas que fomenten la producción, especialización y exportación de productos amigables con el medioambiente y de esta manera posicionarse en mercados globales que valoran la sostenibilidad. Además, dichos productos pueden tener una reducción arancelaria y un impacto positivo en las economías que privilegien estas características. En la literatura internacional sobre geografía económica y economía evolutiva se ha detectado que el potencial de cada región para elaborar nuevos productos está relacionado con su estructura productiva actual (Alshamsi et al., 2017; Balland et al., 2019; Boschma et al., 2012; Rigby, 2012).

Una de las metodologías más empleadas para la detección de oportunidades de diversificación inteligente en las regiones es la complejidad económica (CE), basándose en las capacidades existentes y la afinidad. Resaltan la diversidad de capacidades en las regiones para identificar “oportunidades ocultas”, su operacionalización permite identificar el conocimiento y brindar posibilidades “a la medida” (Balland et al., 2019). La CE nace a partir del estudio de la transformación estructural y patrones de la ventaja comparativa, argumenta que los activos y capacidades para producir un bien pueden intervenir en la producción de un bien similar, parte de la idea de que los bienes presentes, producidos y exportados desde una ubicación contienen información sobre la sofisticación del lugar, a partir de los datos de la geografía de las actividades, infiere la presencia de los conjuntos de capacidades existentes en una región que la vuelven propensa a producir un bien similar (Hidalgo, 2022; Hidalgo y Hausmann, 2009; OEC, 2022, 2024).

A partir de metodologías y herramientas de análisis recientes se ha analizado la CE de una economía a través de datos sobre la distribución geográfica de las actividades económicas. La aplicación de los indicadores de CE ha aumentado notablemente (Hidalgo, 2023), en el contexto de la transición verde (Pérez-Hernández, 2022) y el empleo de productos no verdes para una transición verde (Belmartino, 2022). En el contexto actual, la sostenibilidad ambiental se ha convertido en una condición creciente para la competitividad económica. México enfrenta retos significativos en esta materia: en 2022, el país emitió más de 750 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) equivalente, siendo los sectores de manufactura y energía los más contribuyentes (INECC, 2022). Aunado a ello, la sobreexplotación de recursos naturales; por ejemplo, el 76% del agua concesionada en el país se destina a la agricultura, actividad altamente expuesta a sequías recurrentes (CONAGUA, 2022). Estos datos reflejan no solo la precisión ambiental derivada del modelo productivo actual, sino también la vulnerabilidad de sectores exportadores clave. En este escenario, transitar hacia una diversificación exportadora verde no solo es deseable, sino estratégica: permite reducir la

dependencia de sectores ambientalmente intensivos, mitigar riesgos ante regulaciones nacionales y aprovechar nuevas oportunidades de crecimiento en cadenas de valor más limpias y complejas.

En México, la metodología de CE ha sido empleada para analizar la economía verde a nivel sub-nacional, detectando nuevas oportunidades de diversificación y sofisticación productiva verde, para lograr una transición a una economía verde, para las 32 entidades federativas, se estimó el Índice de Complejidad Verde con el objetivo de medir las capacidades de producción verde, obteniendo como resultado productos con beneficios ambientales posibles adyacentes por estado, métrica que predice el crecimiento futuro de las exportaciones verdes por entidad, además del potencial de complejidad verde, que revela capacidades potenciales de los estados para transitar a una economía verde (Pérez-Hernández et al., 2021). No obstante, no existen estudios para México que logren identificar rutas de diversificación verdes bajo una caracterización económica, social y ambiental de los productos. Por ello, el objetivo de la presente investigación es detectar oportunidades de diversificación exportadora factibles y deseables hacia productos con beneficios ambientales en México, a través de técnicas de CE y métricas adicionales.

Lo anterior con la finalidad de ser un diagnóstico empírico como fundamento para la formulación de políticas públicas para lograr una transición verde, basadas en datos y capacidades actuales para aprovechar las alternativas disponibles en la región. Se busca identificar los productos con beneficios ambientales con mayor factibilidad para el país, teniendo en cuenta la afinidad de las capacidades y la inercia comercial, así como aquellos bienes con mayor deseabilidad, considerando el beneficio potencial asociado a productos más rentables y preferibles en términos ambientales y sociales. Y con lo anterior responder a la pregunta: ¿cuáles son las oportunidades de diversificación exportadora factibles y deseables en México para lograr una transición verde?

Los principales resultados de la presente investigación identifican oportunidades de diversificación exportadora hacia productos con beneficios ambientales para México. Estos hallazgos muestran que el país ya cuenta con ciertas capacidades productivas verdes que pueden aprovecharse como punto de partida para transitar hacia sectores económicos más sostenibles. A partir de estas capacidades existentes es posible acceder a productos con baja distancia tecnológica (es decir, factibles en el corto plazo) y, progresivamente, avanzar hacia alternativas más complejas o deseables, que implican mayores riesgos, pero también un mayor potencial de retorno económico y ambiental.

Los resultados presentan un diagnóstico empírico que puede ser utilizado como fundamento para el diseño de políticas públicas que promuevan la transición hacia una economía verde. El documento se presenta de la siguiente manera, en la sección 2 se realiza una revisión de literatura, la sección 3 describe los datos y la metodología, la sección 4 presenta los resultados del análisis y la sección 5 que incluye la discusión y las conclusiones.

2. Revisión de literatura

2.1. Complejidad económica

La CE es un paradigma reciente, nace a partir del estudio de la transformación estructural y patrones de la ventaja comparativa, argumenta que los activos y capacidades para producir un bien pueden intervenir en la producción de un bien similar, por ello, en las regiones se plantea la pregunta: ¿qué tan difícil es hacer lo que haces? (Hidalgo, 2022). Su idea es que los bienes presentes, producidos o exportados desde una ubicación, contienen información sobre la sofisticación o complejidad de ese lugar, así también, las ubicaciones donde está presente el producto poseen información sobre la

complejidad para elaborarlo (OEC, 2024). Hace uso de métricas de la geografía de actividades para estimar el Índice de Complejidad Económica, comprendida por el número de productos que un país puede producir y exportar, así como la ubicuidad, que refiere al número de países que exportan cierto producto (Hausmann y Klinger, 2006; Hidalgo, 2018; Hidalgo, et al. 2007; Hidalgo y Hausmann, 2009). A partir de los datos de la geografía de las actividades económicas, infiere la presencia de los conjuntos de capacidades existentes en una región, que la vuelven propensa a producir un bien “similar” (OEC, 2022). Hidalgo (2022) la define como una ciencia de redes y técnicas de aprendizaje automático que ayudan a predecir y explicar cambios en las estructuras económicas. Mealy y Teytelboym (2020) vinculan la CE con la economía verde y evalúan a los países por la cantidad de productos verdes que exportan; identificaron que los países con mayor número de dichas exportaciones son más propensos a tener menores emisiones de CO₂ y cuentan con más patentes amigables con el medioambiente. Crearon dos métricas: i) Índice de Complejidad Verde; expresa la capacidad de los países para exportar productos verdes, tecnológicos y sofisticados; ii) Potencial de Complejidad Verde; contiene información de productos verdes adyacentes y permite medir la afinidad de los productos en los que el país no es competitivo aún.

Las métricas de CE enfocadas hacia la propuesta de oportunidades de diversificación inteligente han sido empleadas en diversas regiones, tal es el caso del estudio realizado para los países del Cono Sur, ofrece un portafolio de oportunidades que los países son propensos a producir dadas sus capacidades actuales (Pérez-Hernández et al., 2025). En el contexto mexicano, por ejemplo; en el estado de Chiapas, se realizó un diagnóstico de complejidad (Hausmann et al., 2015). En el estado de Baja California, se ha elaborado un diseño de estrategias de diversificación productiva a partir del análisis de sus exportaciones, sugiriendo artículos propensos a producir por la entidad dados sus conocimientos productivos (Barrios et al., 2018). A nivel subnacional se ha analizado la conexión entre el crecimiento regional y la complejidad (Chávez et al., 2017). Asimismo, ha sido útil para estudiar su relación con la inclusión financiera (González-Sierra et al., 2022). Igualmente, existen estudios que analizan las capacidades productivas existentes para identificar el potencial de diversificación y sofisticación productiva para zonas económicas especiales en México, siendo un parteaguas para los formuladores de políticas públicas y empresarios, poniendo especial atención en que cada región debe tener políticas públicas especiales relacionadas con el desarrollo de sus capacidades productivas (Gómez-Zaldívar et al., 2019).

2.2. Proximidad

Hausmann y Klinger (2007) establecen que a medida que los países cambian sus exportaciones, hay una mayor tendencia a transitar hacia bienes relacionados con los ya existentes. Desarrollaron una medida, basada en la relación entre pares de productos empleando datos de exportaciones entre países y construyeron el espacio producto (proximidad), el cual representa una herramienta de visualización útil para la CE y el reconocimiento de la relación entre productos, muestra la proximidad entre bienes, es decir, que tan “ceranos” o similares son los conocimientos o capacidades en las regiones. La estructura de los productos exportados por un país puede influir en su capacidad para diversificar su economía y desarrollar nuevas capacidades productivas, bajo la estructura de redes, el espacio producto distingue bienes de exportación y sectores, captura la dificultad de las economías simples, como las que se basan en la agricultura para transitar hacia una economía más

compleja (Barrios, et al., 2018; Hartmann et al., 2019; Hidalgo et al. 2007). Hidalgo et al. (2006) establecen que el crecimiento de las economías de las regiones está en función del perfeccionamiento de su producción y exportaciones, detectaron que los países tienden a transitar a productos cercanos a aquellos en los que están especializados actualmente, es decir, si se tiene una gran variedad de productos “cercaños” y una variedad de conexiones primarias, podrán mejorar rápidamente su canasta de exportaciones.

2.3. Enfoque de afinidad – complejidad

La afinidad, a partir de las capacidades actuales de una región, mide que tan sencillo o afín será la introducción de un nuevo producto. Se sustenta bajo la premisa de que una región podrá transitar fácilmente a una actividad si para el desarrollo de ésta se requieren capacidades similares a las ya presentes, identifica que el aprendizaje requiere interacción entre actividades similares, por ello, las economías con mayor concentración de productos estrechamente relacionados, tendrán mayores probabilidades de introducir nuevos bienes (Balland et al., 2019; Boschma, 2017; Boschma y Frenken, 2011; Hidalgo, 2018; Hidalgo et al., 2007; Neffke et al., 2011; Teece et al., 1997).

La CE y la afinidad indican si una economía tiene posibilidades de transitar a la producción de nuevos productos que serán similares a los que ya produce, revelan si las economías tienen posibilidades de obtener beneficios rápidos, permiten identificar qué cambios pueden considerarse para tener una mejor economía (Hidalgo, 2022). Dicho enfoque resulta útil para analizar las opciones de diversificación potenciales en los países, comparando el valor estratégico y riesgo de su desarrollo (Balland et al., 2019; Hidalgo et al., 2006). Balland et al., (2019) presentan una estructura para identificar sistemáticamente oportunidades tecnológicas para las regiones, basadas en la afinidad y las capacidades, resaltan la diversidad de capacidades en las regiones, por lo que los territorios tendrán diferentes oportunidades, su modelo permite identificar oportunidades tecnológicas ocultas, su operacionalización requiere la identificación del conocimiento de las regiones y brindar con ello posibilidades “a la medida”, emplea la métrica de afinidad para mapear las oportunidades en las que los países no cuentan con una ventaja comparativa revelada (VCR) pero son propensos a existir debido a sus capacidades. Compara el riesgo y el valor estratégico de las oportunidades de desarrollar cierto producto en una región. En la figura 1 se puede observar que cada cuadrante representa la relación entre la base de conocimientos de cada región y cada producto o tecnología que no cuenta con VCR en la región, a medida que se logre la especialización será posible incrementar la complejidad del conocimiento en el lugar. Por lo anterior, es posible identificar los productos que aún no están presentes en una zona y evaluar sus estrategias de diversificación. Es importante mencionar que un alto Índice de Complejidad de Producto (PCI), está relacionado con aquellos productos con un alto nivel de sofisticación (Hidalgo, 2021). En el eje de las abscisas se muestra la afinidad, de un nivel bajo a un nivel alto y en el eje de las ordenadas se muestra el nivel de complejidad del producto, que también va de bajo a alto. A continuación, se describe cada uno de los cuadrantes:

- A. Alto riesgo, altos beneficios: productos con alto PCI y baja afinidad, son bienes con altos niveles de sofisticación, pero baja similitud con las capacidades productivas actuales.
- B. Bajo riesgo, altos beneficios: bienes con altos niveles de sofisticación, alto PCI y una alta afinidad, productos con altos niveles de sofisticación y con alta similitud con las capacidades productivas actuales.

- C. Alto riesgo, bajos beneficios: productos con un PCI y baja afinidad, bienes con baja similitud con las capacidades productivas actuales y poco sofisticados.
- D. Bajo riesgo, bajos beneficios: bienes con alta similitud con las capacidades productivas actuales, pero un bajo índice de complejidad de producto.

Destaca la relación costo-beneficio que sustenta la política de especialización inteligente. Los encargados de la formulación de políticas públicas considerar los productos ubicados en el cuadrante B, debido a que son bienes que prometen mayores rendimientos debido a su bajo riesgo y alta complejidad. Los productos del cuadrante C son consideradas como malas opciones ya que están alejados de la estructura productiva actual. El cuadrante A podría generar rentas significativas para una región, sin embargo, la probabilidad de desarrollar innovación en productos no relacionados es baja. En relación con los productos del cuadrante D, tienen una alta probabilidad de desarrollo exitoso, pero representan poco valor a la economía. No obstante, la diversificación con alta afinidad en industrias menos complejas tiende a reducir la desigualdad salarial dentro de una región, es entonces, que los productos en el cuadrante D representan un desafío pues la diversificación relacionada en industrias menos complejas puede tener beneficios en términos de crecimiento inclusivo, lo anterior puede resultar en una alternativa para la transición regional hacia productos con beneficios ambientales (Cortinovis et al., 2024; Rigby, 2012).

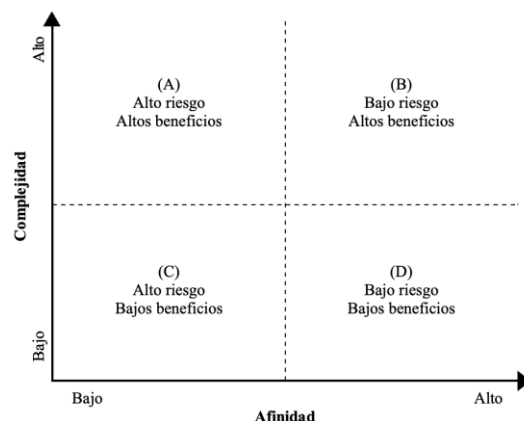


Figura 1. Modelo para especialización inteligente. Fuente: elaboración propia con base en (Balland et al., 2019, 2022; Hidalgo, 2023; Rigby et al., 2022).

2.4. Productos con beneficios ambientales

La transición a una economía verde e inclusiva está relacionada con la producción de bienes con beneficios ambientales (productos verdes), de hecho, definir una industria amigable con el medioambiente ha sido una tarea difícil, más aún los “bienes con beneficios ambientales”, así como sus exportaciones e importaciones, en la actualidad no existe una definición estándar o universalmente aceptada sobre el concepto de bienes ambientales. Se ha puesto atención a la promoción de bienes con un impacto positivo al medioambiente y la adopción de tecnologías de bajas emisiones de carbono para lograr una transición sostenible (CEPAL, 2019; OECD, 1999; UNEP, 2023). Recientemente, Mealy y Teytelboym (2020) crearon una lista de 295 productos verdes, algunos de los productos que contiene son considerados verdes porque su uso o consumo final tienen efectos beneficiosos para el ambiente o porque contribuyen a la limpieza o reducción de los daños ambientales. Estos bienes han experimentado un incremento en la demanda, lo que podría

representar una oportunidad de mercado, así también las regulaciones y políticas, incentivos para la producción, buscan reducir las emisiones de gases y promover la seguridad energética, para ello es indispensable la mejora de los procesos productivos, se debe adecuar y aprovechar la infraestructura existente (Cooke, 2010; Kautish y Sharma, 2019).

3. Metodología

3.1. Descripción de los datos

La principal fuente de información se basa en las exportaciones en dólares estadounidenses (USD) de productos clasificados a 6 dígitos del Sistema Armonizado HS-1992 durante 2018-2022, es decir, fueron promediadas las exportaciones de todos los países en dicho periodo. Se selecciona este lapso a fin de presentar el diagnóstico con la mayor actualidad posible y se busca evitar que el análisis se vea sesgado por fluctuaciones a corto plazo en el comercio (Andres y Mealy, 2023). La selección del periodo se da con el fin de obtener una representación estructural y actualizada de las capacidades exportadoras de México. Además, organismos internacionales como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2021) y la Conferencia de las Naciones Unidas Sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD, 2022) recomiendan el uso de promedios plurianuales para mitigar la volatilidad de corto plazo y obtener una representación más precisa de las tendencias estructurales en el comercio internacional. Diversos estudios en el campo de la complejidad económica y diversificación productiva han optado por utilizar promedios plurianuales de las exportaciones con el propósito de mitigar las distorsiones derivadas de fluctuaciones coyunturales. Por ejemplo, Andres y Mealy (2023), Andres et al., (2023) y Hartmann et al., (2019) emplean promedios multianuales para reducir el impacto de variaciones positivas (o negativas) asociadas con choques externos a corto plazo. Este enfoque metodológico permite minimizar los efectos transitorios, ofrecer una visión más confiable de las dinámicas comerciales e identificar tendencias estructurales al atenuar el “ruido” propio de las fluctuaciones anuales. En esta misma línea, Hausmann (2022) recomienda utilizar promedios de mediano plazo (entre tres y cinco años) con el fin de capturar con mayor precisión las capacidades productivas estructurales de exportación de los territorios. Esta estrategia analítica resulta especialmente útil para la formulación de políticas públicas orientadas a fortalecer la resiliencia económica o impulsar procesos de transformación productiva, ya que permite construir una representación más estable, robusta y realista del perfil exportador subyacente de las regiones. Los datos de exportaciones provienen de la base BACI publicada por el Centro de Estudios y Prospectivas de Información Internacional (CEPII), que reúne y depura los datos de comercio internacional de la División Estadística de las Naciones Unidas (COMTRADE) (Gaulier y Zignago, 2010). El análisis emplea los datos de toda la canasta exportadora en los años mencionados para el cálculo de los diversos indicadores (productos verdes y no verdes), para luego hacer un filtro sobre los 295 productos con beneficios ambientales de México.

Luego, se emplean los datos de Producto Interno Bruto per cápita y el índice de Gini por país (Banco Mundial, 2024) para calcular el nivel de ingresos asociados a determinados productos (PRODY) y el Índice de Gini de Productos (PGI), respectivamente. Finalmente, se compila y homologa el Índice de Intensidad de Emisiones (PEII) (disponible en Romero y Gramkow, 2021) publicado con la clasificación SICT a 4 dígitos. Los datos se homologaron a partir de las tablas de correspondencia publicadas por las Naciones Unidas (UNSD, 2024). En la tabla 1 se sintetizan las variables compiladas y calculadas, indicando su fórmula, definición, periodo y fuente de información.

Tabla 1. Datos y fórmulas utilizadas

Variable	Fórmula	Definición
Exportaciones promedio	$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (1)$	Exportaciones promedio de productos (HS-1992). Valores expresados en USD.
Ventaja comparativa revelada	$VCR_{cp} = \frac{x_{cp} / \sum_p x_{cp}}{\sum_r x_{cp} / \sum_c \sum_p x_{cp}} \quad (2)$ Donde x_{cp} es la exportación del producto p del país c	$VCR \geq 1$ indica que el país exporta competitivamente el producto (Balassa, 1965).
Aquí se necesita como entrada una matriz binaria (mc,p) basada en los valores de la VCR		
Proximidad (espacio – producto)	$\varphi_{ij} = \min(P(VCR_i > 1 VCR_j > 1), P(VCR_j > 1 VCR_i > 1)) \quad (3)$	Relación entre pares de productos empleando datos de exportaciones entre países mide que tan similares son las capacidades en las regiones (Hidalgo et al., 2007).
Afinidad total	$\omega_j^r = \frac{\sum_i \rho_i^r \varphi_{ij}}{\sum_i \varphi_{ij}} \quad (4)$	Mide la similitud del producto con las capacidades productivas del país y se correlaciona con la probabilidad de desarrollar competitividad futura en un producto (Hidalgo et al., 2007).
Afinidad relativa	$\tilde{w}_{cp} = \frac{w_{cp} - \sum_p w_{cp} / No_c}{\sigma(w_{cp})} \quad (5)$	Estandarización de la métrica de afinidad en relación con las opciones disponibles para la diversificación que tiene un determinado país. Permite la comparabilidad entre diferentes economías (Pinheiro et al., 2021).
PCI	$PCI = \frac{\vec{Q} - \langle \vec{Q} \rangle}{stdev(\vec{Q})} \quad (6)$	Cuantifica el grado de sofisticación de los productos (Hidalgo, 2021).
PRODY	$PRODY_p = \sum_c \frac{(x_{cp}/X_c)}{\sum_c (x_{cp}/X_c)} PIBpc_c \quad (7)$	Indica el nivel de ingresos asociado con un determinado producto o set de productos (Hausmann et al., 2006).
PGI	$PGI_p = \frac{1}{N_p} \sum_c M_{cp} s_{cp} Gini_p \quad (8)$	Vincula los productos exportados al nivel promedio de desigualdad de ingresos de los países exportadores (Hartmann et al., 2017).
PEII	$PEII_p = \frac{1}{N_p} \sum_c M_{cp} s_{cp} E_c \quad (9)$	Proporciona una medida ponderada de emisiones a nivel de producto (Romero y Gramkow, 2021).

Nota: De la fórmula 1 a 6 se emplea el periodo comprendido entre 2018 y 2022, a partir de la base BACI-versión 2024-01b (Gaulier y Zignago, 2010) fueron realizados los cálculos. Las fórmulas 7 y 8 comprenden el periodo 2019, los cálculos propios se realizan con base en datos de BACI y Banco Mundial (2024). Para la fórmula 9 se compilan y homologan los datos comprendidos entre 2003 y 2012 de Romero y Gramkow (2021).

Fuente: Elaboración propia.

Las oportunidades de diversificación verde se basan principalmente en las métricas y umbrales propuestos por Hartmann et al., (2019) en su estudio para una economía latinoamericana

y basados en el enfoque de CE (Hidalgo y Hausmann, 2009). Su estrategia metodológica considera variables de deseabilidad y factibilidad a fin de identificar diferentes rutas de diversificación. El presente se focaliza en las oportunidades de diversificación de productos con beneficios ambientales, adicionalmente, se incorporan características de deseabilidad en términos sociales y ambientales.

En síntesis, la metodología empleada para identificar y priorizar los productos verdes potenciales para México se sustenta principalmente en la teoría de CE (Hidalgo y Hausmann, 2009). Sin embargo, se consideran también otros factores relevantes que tienen impacto en la factibilidad y deseabilidad de las distintas opciones (Hartmann et al., 2019) y se añade el criterio de emisiones asociadas a los productos (Romero y Gramkow, 2021), para afinar la estrategia de deseabilidad.

El proceso de identificación de oportunidades de diversificación verde consta de 3 etapas principales. La primera etapa incluye el cálculo de las exportaciones promedio (2018-2022) (fórmula 1), la VCR (fórmula 2), la afinidad total (fórmula 4) y relativa (fórmula 5), el PRODY (fórmula 7) y el PGI (fórmula 8) (de toda la canasta de exportaciones), mientras que se compilan los indicadores del PEII (fórmula 9) y PCI (fórmula 6).

En la etapa 2, se filtran los 295 productos verdes foco de este estudio y se les aplican los Filtros de Condiciones Mínimas (FCM) correspondientes a las estrategias factibles y deseables propuestas por Hartmann et al., (2019), más los criterios de deseabilidad social y ambiental definidos en el presente trabajo, que se describen en el apartado siguiente. Finalmente, la fase 3 presenta los resultados en dos versiones complementarias: a) gráfico de afinidad-complejidad, con el fin de representar visualmente las oportunidades de diversificación de los productos verdes y sectores en cada uno de los cuadrantes propuestos por Hartmann et al., (2019) y b) listados de oportunidades de diversificación verde por cuadrante.

3.2. Definición de las estrategias inteligentes de diversificación verde

3.2.1. Estrategia factible

Se consideran las capacidades disponibles, usando como proxy la afinidad. Se define como umbral, aquellos productos verdes cuyo coeficiente de afinidad sea superior a 0.10, ya que, de acuerdo con Hartmann et al. (2019), este FCM es un punto de partida que refleja una probabilidad incipiente para desarrollar dicha exportación en el futuro (FCM-1). La probabilidad de que un país desarrolle una ventaja comparativa en un producto en el futuro se asocia a la afinidad de productos relacionados (fracción de productos relacionados ya exportados por ese país). Por ejemplo, una afinidad de 0.10 está relacionada con aproximadamente el 5% de probabilidad de desarrollar dicha exportación con VCR en el futuro (después de 4 años), mientras que un 0.70 de afinidad se relaciona con una probabilidad de aproximadamente 33% (Hidalgo, 2018, 2021). En este caso, entre más alto sea el coeficiente de afinidad señala mayor similitud entre el producto verde y la canasta exportadora del país, lo que implica una mayor disponibilidad de conocimientos relacionados con su potencial productivo y de exportación.

Posteriormente, se analizan las condiciones de comercio (inercia comercial), seleccionando los productos verdes en los que México aún no está especializado, es decir, que tienen una VCR inferior a 1 ($VCR < 1$), pero cuentan con un grado intermedio de exportación de dichos productos ($VCR > 0.50$). Es decir, se seleccionan aquellos productos verdes con un índice de VCR que oscile entre 0.50 y 0.99 (FCM-2). **Gráfica 1.** Descomposición por ondoletas de los rendimientos de contado y futuros del IPC.

3.2.2. Estrategia deseable

En el caso del PCI, se toma como umbral la frontera de diversificación de México para el año 2022, la cual fue de 1.08. Siguiendo a Hartmann et al. (2019) se adopta también un nivel de afinidad > 0.05 . Adicionalmente, los FCM priorizan aquellos productos en los que México está exportando más de 1,000,000 USD; por lo que existe cierto grado de especialización incipiente ($0.05 < VCR < 1$) y se trata de productos que superan la frontera de diversificación del país ($PCI > ECI$). De acuerdo con Castañeda (2018) el desarrollo de países rezagados está asociado en mayor medida con su potencial para moverse al interior de la frontera de diversificación que con la generación de innovaciones que contribuyan al desplazamiento de dicha frontera. No obstante, lo deseable es que las economías busquen avanzar sobre la frontera. Un criterio adicional considera el PRODY, métrica que refleja el nivel de ingresos asociados a determinados productos (Hausmann et al., 2006). Un mayor PRODY indica mayores ingresos potenciales relacionados con la exportación de un producto (FCM-3). En el presente estudio se usa como umbral un PRODY superior al valor de la media de toda la canasta de exportaciones en el año 2019 (20,024 USD). Además, se incluyen dos condiciones adicionales relacionadas a la transición justa (FCM-4) a nivel de producto (social y ambiental). En primer lugar, se contempla el PGI, medida a nivel de producto de la desigualdad de ingresos de los correspondientes países exportadores. Un valor de PGI por debajo de 0.405 se asocia a bienes que normalmente son producidos por países que tienen un nivel de desigualdad de ingresos menor que México, el índice de Gini para México en el 2022 fue de 0.435 (Hartmann et al., 2017).

Finalmente, el criterio ambiental filtra aquellos productos con beneficios ambientales cuya intensidad de emisiones es considerada como “baja”. Para ello considera el PEII, siguiendo la lógica del PRODY (Hausmann et al., 2006) y PGI (Hartmann et al., 2007) un promedio ponderado de las emisiones de los países que exportan cada producto dado con VCR. Este índice permite analizar específicamente qué productos están asociados con mayores intensidades de emisiones (Romero y Gramkow, 2021). En concreto, se calcula como el promedio ponderado de la intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero de los países exportadores para cada producto, con la ponderación basada en la participación del producto en las exportaciones totales de cada país.

En el estudio se utiliza un PEII entre 302.3-728.0. La tabla 2 especifica las estrategias de factibilidad y deseabilidad a través de los FCM.

Tabla 2. FCM por tipo de estrategia

Variable	Estrategia factible		Estrategia deseable	
	FCM-1 Afinidad de capacidades	FCM-2 Inercia comercial	FCM-3 Altos ingresos	FCM-4 Transición justa
Afinidad	≥ 0.10		≥ 0.10	≥ 0.10
VCR		$0.50 \leq VCR \leq 1$	$0.50 \leq VCR \leq 1$	$0.50 \leq VCR \leq 1$
Exportaciones promedio			$> 1 \text{ M}$	$> 1 \text{ M}$
PRODY (ingresos)			$\geq 20,024$	$\geq 20,024$
PCI (complejidad)				1.08
PGI (desigualdad)				< 0.405
PEII (intensidad de emisiones)				Low-emission intensity

Nota: FCM = Filtro de Condiciones Mínimas. **Fuente:** Elaboración propia, adaptado de Hartmann et al., (2019).

Si bien, la estrategia deseable resulta más prometedora, la literatura sobre CE y afinidad ha demostrado que, por lo general, los países no pueden lanzarse al azar a las actividades económicas “lejanas” a sus capacidades actuales, si no que tienden a seguir procesos de transformación dependientes de la trayectoria (Hidalgo et al., 2007). Por lo tanto, en este trabajo se combinan los criterios de factibilidad y deseabilidad a fin de identificar potenciales oportunidades de diversificación verde para la economía mexicana.

4. Resultados empíricos

4.1. Oportunidades de diversificación verde en México

Una vez aplicados los FCM pertenecientes a las estrategias factibles y deseables a los 295 productos con beneficios ambientales propuestos por Mealy y Teytelboym (2020), se identificó que México presenta un total de 57 oportunidades para diversificar sus exportaciones. Tomando como referencia el modelo para especialización inteligente (Balland et al., 2019, 2022; Hidalgo, 2023; Rigby et al., 2022) se presentan los productos ubicados por cuadrante, en los cuadrantes A y B se encuentran los productos que presentarían altos beneficios para el país, además, en el cuadrante D se encuentran las oportunidades de diversificación con bajos beneficios, son omitidos los productos ubicados en el cuadrante C debido a que representan un alto riesgo y bajos beneficios. En la figura 2 se muestran las 57 oportunidades de diversificación verde para México ubicadas por cuadrantes especificando la estrategia a la que pertenecen.

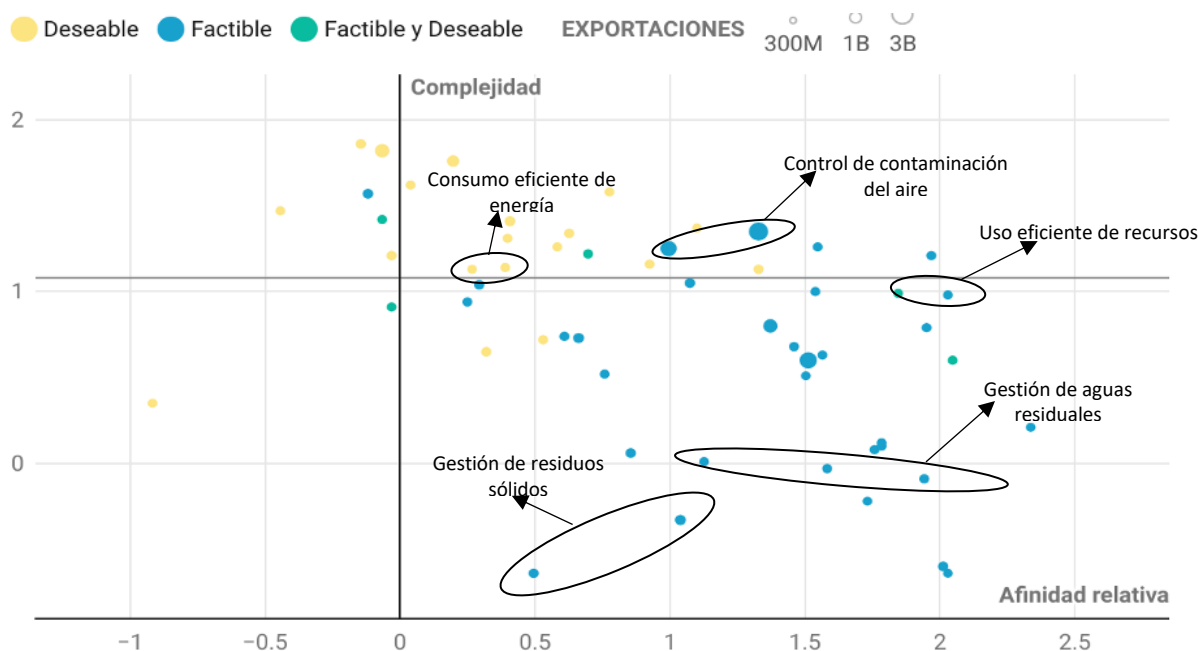


Figura 2. Oportunidades de diversificación verde para México. Nota: El eje de las ordenadas representa el PCI y el eje de las abscisas la afinidad relativa, los colores, se relacionan con la estrategia y el tamaño del nodo corresponde al nivel de exportaciones. Fuente: Elaboración propia con la herramienta datawrapperr. Consulta: https://www.datawrapperr.de/_/jP70j/?v=5

Siguiendo la propuesta de Pérez-Hernández et al., (2025) se construyó el espacio producto verde (fórmula 3), en él se distinguen los productos con beneficios ambientales dada la estrategia a la que pertenece, es decir, los productos dentro de la estrategia factible, deseable y los productos concurrentes en ambas estrategias. En la figura 3 se puede observar que la mayoría de los productos pertenecientes a la estrategia deseable se encuentran en la zona 2, región en la que se localizan productos con altos ingresos y alta complejidad, así como bienes con bajas emisiones y baja desigualdad.

Por su parte, los productos obtenidos en la estrategia factible, en su mayoría se encuentran en la zona 3, espacio que alberga los productos con complejidad media-alta, ingresos bajos, medios y altos, así como desigualdad y emisiones bajas y medias. Los bienes con beneficios ambientales que están presentes en ambas estrategias son productos que se encuentran en la periferia de la red y que se interpretan como menos complejos.

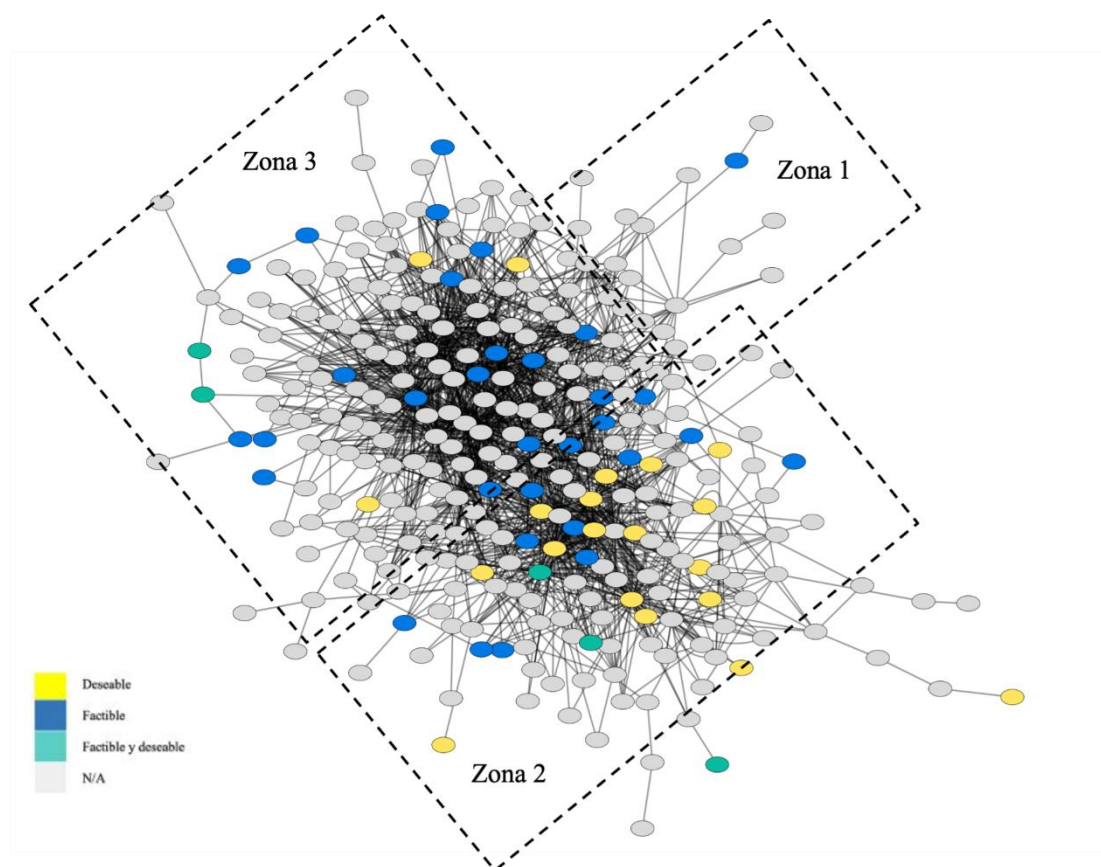


Figura 3. Espacio – producto verde en México y los tipos de estrategias. Nota: Cómo construir el espacio producto verde. Basados en la fórmula 3 de proximidad (espacio-producto), se siguen los pasos: (A) Construir una red máxima de expansión (B) construir una red de máximo peso $\varphi > 0.45$ (C) Construir una red superpuesta que combine la red de máxima expansión y la red de máximo peso (D) Estructura de la red, utilizando el algoritmo de Organic Layout de Cytoscape (E) Resultado final: el espacio producto verde. **Fuente:** Elaboración propia con base en Pérez-Hernández et al., (2025).

La implementación de las diversas estrategias tendrá beneficios graduales, como se observa en el estudio realizado por Hartmann et al., (2019). En la figura 4 se puede observar que los beneficios serían progresivos hasta llegar a un nivel óptimo con la implementación del FCM 4, el PCI se vería incrementado, es decir, se estaría especializando en la producción de bienes más complejos. En el caso del PRODY también se vería incrementado pues está relacionado con el nivel de ingresos asociados a los productos.

Para el caso del PGI, se vería disminuido, es decir, la desigualdad promedio de ingresos sería menor, asimismo, la Intensidad de Emisiones de Producto se vería reducida, lo anterior demuestra que los FCM reflejan beneficios en cada una de las variables, demostrando así el impacto potencial de los bienes con beneficios ambientales propuestos.

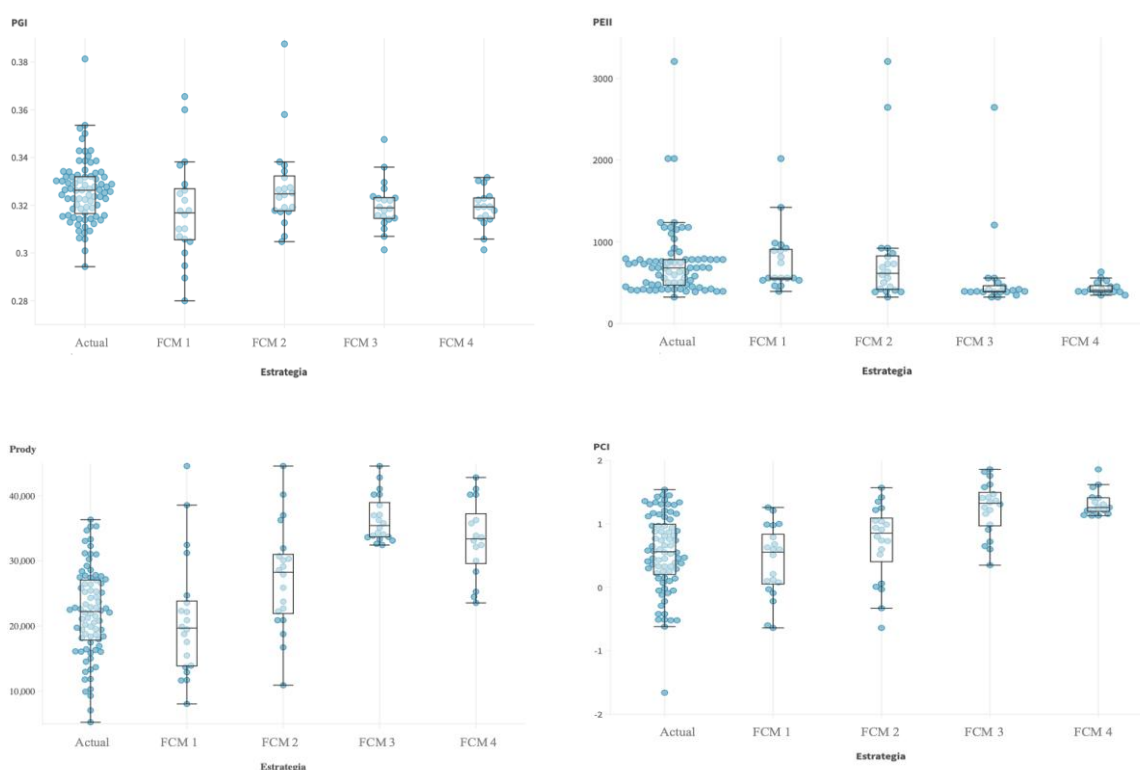


Figura 4. Implementación de las estrategias. Nota: Cada punto representa un producto, en el eje de las abscisas se encuentran las fortalezas actuales (Actual), FCM = Filtro de Condiciones Mínimas. En el eje de las ordenadas se encuentra el PGI, PEII, PRODY y PCI. Fuente: elaboración propia con la herramienta Flourish. Consulta: <https://public.flourish.studio/story/2517988/>

4.2. Oportunidades de altos beneficios para México

En la presente sección se enlistan los productos obtenidos a partir de su ubicación en el modelo para especialización inteligente (Balland et al., 2019, 2022; Hidalgo, 2023; Rigby et al., 2022). En cada tabla se podrá encontrar el código del producto, sección, nombre del producto, el beneficio ambiental y la zona del espacio producto verde a la que pertenece siguiendo la propuesta de Pérez-Hernández et al. (2025), la ubicación de las zonas permite identificar la congruencia del espacio producto verde con

el modelo de especialización inteligente planteado por Balland et al., (2019). Las oportunidades de altos beneficios para México se encuentran en los cuadrantes A y B, son productos con niveles elevados de PCI, es decir, se encuentran los bienes con mayor sofisticación.

En la tabla 3 se enlistan los productos ubicados en el cuadrante A, son bienes con altos beneficios dados su nivel de complejidad, sin embargo, representan un alto riesgo dada su baja afinidad con la estructura productiva actual del país.

Tabla 3. Oportunidades de diversificación (cuadrante A)

Código	Sección	Producto	Beneficio ambiental	Zona
285100	Productos químicos	Compuestos inorgánicos, aire comprimido líquido	WS	2
841989	Máquinas	Maquinaria para el tratamiento por cambio de temperatura	APC/ECE/GFER/O/REP/WAT	2
847989	Máquinas	Máquinas y aparatos mecánicos	APC/SWM/REP	2
902720	Instrumentos	Cromatógrafos, instrumentos de electroforesis	MON	2
903140	Instrumentos	Instrumentos y aparatos opt	MON	2
903190	Instrumentos	Partes y accesorios para equipos de medición o verificación	ECE/MON	2

Nota: Código del producto a 6 dígitos (HS), la sección a la que pertenece, nombre del producto, beneficio ambiental por sus siglas en inglés APC=Control de la contaminación del aire, ECE=Tecnologías de consumo eficiente de energía y captura y almacenamiento de carbono, MON=Equipos de monitoreo, análisis y evaluación ambiental, GFER=Reducción de emisiones de quema de gas, SWM=Gestión de residuos sólidos y peligrosos y sistemas de reciclaje, O=Otros, REP=Energía renovable, WAT=Gestión de aguas residuales y tratamiento de agua potable, WS=Abastecimiento de agua y la zona perteneciente al espacio producto verde. **Fuente:** elaboración propia.

En la tabla 4 se enlistan los bienes ubicados en el cuadrante B, productos con mayores beneficios dado su nivel de complejidad y menor riesgo debido a la relación que guardan con la estructura productiva actual, es decir, son los bienes más afines a las actividades que el país realiza en la actualidad, además, son productos que requieren de mayor concentración de conocimiento. Por ello, son considerados los bienes con mayor deseabilidad a producir en el país, se sugiere priorizar la diversificación hacia productos verdes de este cuadrante, debido a que pueden representar la estrategia más beneficiosa que México puede seguir para comenzar la exportación de “nuevos” productos verdes en el futuro, siendo estos productos complejos y relativamente afines a su estructura.

Tabla 4. Oportunidades de diversificación (cuadrante B)

Código	Sección	Producto	Beneficio ambiental	Zona
841780	Máquinas	Horno industrial, horno, incinerador no eléctrico	ECE/GFER/SWM/WAT	2
841861	Máquinas	Equipos de refrigeración por compresión con intercambio de calor	REP	2
842119	Máquinas	Centrífugas	SWR/ECE/WAT	2
842191	Máquinas	Partes de centrífugas, incluyendo secadoras centrífugas	SWR/ECE/GFER/WAT	2
842199	Máquinas	Partes para máquinas de filtrado/purificación para líquido/gas	APC/ECE/GFER/WAT	2

847982	Máquinas	Máquinas para mezclar, amasar, triturar, moler, etc.	SWM	2
847990	Máquinas	Partes de máquinas y aparatos mecánicos	SWM	2
850440	Máquinas	Convertidores estáticos	ECE/REP	2
850590	Máquinas	Electroimanes y partes de dispositivos magnéticos	ECE/SWM	2
851410	Máquinas	Hornos industriales calentados por resistencia eléctrica y hornos	APC/ECE/GFER/SWM/WAT	2
853921	Máquinas	Lámparas de filamento, halógeno de tungsteno	HEM	2
860799	Transporte	Partes de material rodante de ferrocarril	CRE	2
870390	Transporte	Otros vehículos incluidos los propulsados por turbinas de gas	APC/CRE/REP	2
902730	Instrumentos	Espectrómetros, espectrofotómetros, etc. que utilizan luz	MON	2
902750	Instrumentos	Instrumentos que utilizan radiaciones ópticas	MON	2
902780	Instrumentos	Equipos para análisis físico o químico	MON	2
902790	Instrumentos	Microtomos, partes de equipos de análisis científico	MON	2
903281	Instrumentos	Controles automáticos hidráulicos y neumáticos	ECE/MON/GFER	2

Nota: Código del producto a 6 dígitos (HS), la sección a la que pertenece, nombre del producto, beneficio ambiental por sus siglas en inglés APC=Control de la contaminación del aire, SWR=Limpieza o remediación del suelo y el agua, CRE=Tecnologías y productos más limpios o más eficientes en el uso de los recursos, ECE=Tecnologías de consumo eficiente de energía y captura y almacenamiento de carbono, MON=Equipos de monitoreo, análisis y evaluación ambiental, GFER=Reducción de emisiones de quema de gas, HEM=Gestión de calor y energía, SWM=Gestión de residuos sólidos y peligrosos y sistemas de reciclaje, REP=Energía renovable, WAT=Gestión de aguas residuales y tratamiento de agua potable y la zona perteneciente al espacio producto verde. **Fuente:** elaboración propia.

En los listados anteriores se muestran los productos que, de desarrollarse en México se podrían tener altos beneficios, primero, se presentaron los que implican mayor riesgo (cuadrante A) y posteriormente los que implican menor riesgo (cuadrante B).

4.3. Oportunidades de bajos beneficios para México

En los cuadrantes C y D se encuentran los productos con nivel de PCI inferior a la frontera de diversificación de México para el año 2022, la cual fue de 1.08, se distinguen los productos con baja afinidad a la estructura productiva actual, por lo que transitar a ellos no tendría grandes beneficios, sin embargo, podría considerarse más sencillo pues son productos menos complejos. Como se ha mencionado, el listado de los productos ubicados en el cuadrante C es omitido debido a que está compuesto por bienes con alto riesgo y bajos beneficios. En la tabla 5 se encuentran los productos ubicados en el cuadrante D, son bienes que representan un bajo beneficio para México (dada la complejidad del producto), sin embargo, son productos con altos niveles de afinidad a la estructura productiva del país. Las oportunidades dentro de este cuadrante son importantes si se considera que la diversificación relacionada en industrias menos complejas tiende a traer beneficios en términos de crecimiento inclusivo (Cortinovis et al., 2024). En países como México, cuya producción no está enfocada en productos con altos niveles de PCI, resulta un listado útil, pues permitirá transitar a bienes cercanos y con ello un crecimiento en la economía (Hidalgo et al., 2007).

Tabla 5. Oportunidades de diversificación (cuadrante D)

Código	Sección	Producto	Beneficio ambiental	Zona
281830	Productos químicos	Hidróxido de aluminio	WAT	2
392020	Plásticos y cauchos	Hoja / película no celular / refuerzo de polímeros	SWM	2
392111	Plásticos y cauchos	Hoja etc, celular de polímeros de estireno	HEM	3
392113	Plásticos y cauchos	Hoja etc, celular de poliuretano	HEM	2
392690	Plásticos y cauchos	Artículos de plástico	WAT	3
441830	Productos de madera	Paneles y balsos de parquet, de madera	EPP	3
450490	Productos de madera	Artículos de corcho aglomerado	HEM	3
680690	Piedra y cristal	Materiales aislantes térmicos	HEM	2
681011	Piedra y cristal	Bloques de construcción, ladrillos de cemento o piedra artificial	HEM	3
681091	Piedra y cristal	Artículos prefabricados estructurales de cemento	HEM	3
691010	Piedra y cristal	Artículos sanitarios de porcelana para baño, cocina y otros	WAT	3
730210	Metales	Rieles de ferrocarril/tranvía, hierro o acero	CRE	3
730900	Metales	Depósitos/tanques/cubas/etc., de hierro o acero	ECE/WAT	3
731010	Metales	Tanques, toneles o contenedores, de hierro o acero	ECE/WAT	3
731021	Metales	Latas, de hierro o hacer	WAT	3
732690	Metales	Artículos de hierro o acero	WAT	3
840490	Máquinas	Partes de plantas auxiliares para calderas	APC/ECE	2
841290	Máquinas	Partes de motores hidráulicos/neumáticos	ECE/REP	2
841350	Máquinas	Bombas de desplazamiento positivo alternativo	ECE/WAT	2
842121	Máquinas	Maquinaria o aparatos para filtrar o purificar agua	SWR/ECE/WAT	2
842490	Máquinas	Partes para pulverizadores y dispersores de polvo	APC/WAT	2
842833	Máquinas	Cinta transportadora de acción continua o elevador de mercancías tipo banda	SWM/WAT	2
848130	Máquinas	Válvulas de retención	ECE/RPM/WAT	2
851490	Máquinas	Partes de hornos industriales/etc eléctricos	APC/SWM/ WAT	2
853720	Máquinas	Tableros de control y distribución eléctrica	REP	3
860699	Transporte	Vagones ferroviarios	CRE	3
860711	Transporte	Bastidores motores de ferrocarril y tramway & bastidores bissel-motores	CRE	3
860712	Transporte	Bastidores de ferrocarril y tramway & bastidores bissel- no motores	CRE	3
860719	Transporte	Ejes, ruedas y partes de ferrocarril y tramway	CRE	3

860721	Transporte	Frenos de aire, partes para material rodante de ferrocarril	CRE	3
960390	Otros	Cepillos, partes	SWM	1

Nota: Código del producto a 6 dígitos (HS), la sección a la que pertenece, nombre del producto, beneficio ambiental por sus siglas en inglés SWR=Limpieza o remediación del suelo y el agua, CRE=Tecnologías y productos más limpios o más eficientes en el uso de los recursos, ECE=Tecnologías de consumo eficiente de energía y captura y almacenamiento de carbono, EPP=Productos ambientalmente preferibles basados en características de uso final o disposición, HEM=Gestión de calor y energía, SWM=Gestión de residuos sólidos y peligrosos y sistemas de reciclaje, REP=Energía renovable, RPM=Gestión de recursos y contaminación, WAT=Gestión de aguas residuales y tratamiento de agua potable y la zona perteneciente al espacio producto verde. **Fuente:** elaboración propia.

Los listados anteriores no deben considerarse como verdades absolutas, sino como el resultado de un trabajo en el que fueron consideradas diversas métricas para proponer productos a los que México puede transitar, se pone especial atención en la complejidad de los productos y la afinidad con las capacidades actuales, todos los productos son considerados verdes por su beneficio ambiental, cada uno de ellos puede ser empleado para mitigar los daños al medioambiente, su producción y exportación podría traer beneficios económicos para el país y su uso beneficios ambientales.

5. Conclusiones

La presente investigación permitió conocer las oportunidades de diversificación verde para México, obteniendo un total de 57 alternativas de diversificación, se emplean criterios basados en las capacidades actuales y la inercia comercial (factibilidad), así como los beneficios económicos, ambientales y sociales (deseabilidad). Se detectó que los productos verdes son bienes que tienden a ser más complejos, es decir, requieren de la acumulación de capacidades para su desarrollo, además, son productos con menor intensidad de emisiones de contaminantes, el nivel de ingresos asociado a dichos bienes es mayor, conjuntamente el nivel de desigualdad asociada a los productos verdes es menor. Se identificó que de los productos antes mencionados (factibles y deseables) se vinculan con las necesidades actuales del país y del mundo, como, por ejemplo, el tratamiento de aguas residuales, la producción de automóviles eléctricos, el desarrollo de equipos para monitorear la calidad del aire, o sistemas para transportes ferroviarios, por mencionar algunos, todos los productos representan un beneficio ambiental.

Lo anterior respalda que, dadas las capacidades actuales de la región, se puede transitar a la producción de bienes con beneficios ambientales y con ello lograr la transición a una economía más verde, cuidando el desarrollo de productos con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, que, al mismo tiempo, tienden a producirse en lugares con menores niveles de desigualdad y que impulsan la sofisticación de las capacidades productivas del país. La identificación de estos productos estratégicos resulta ser un insumo importante para el diseño de estrategias de desarrollo productivo inteligentes, en las que los gobiernos estatales y federal puedan impulsar políticas para el desarrollo del ecosistema de innovación, capital humano e infraestructura requerido para elevar la competitividad industrial regional.

En el futuro, se pudieran realizar análisis apegados a las cadenas de valor verde propuestas por el GrowthLab (2024) para identificar cómo México y sus entidades federativas, pueden

integrarse a la producción de bienes dentro de las cadenas de valor verde, que permitan la descarbonización de la producción, elaborando insumos que el mundo necesita para un futuro más limpio y con ello construir el camino para una transición energética y el crecimiento económico.

Lo anterior, revela que el país tiene un potencial significativo para transitar a la producción y exportación de bienes con beneficios ambientales y con ello forjar un camino hacia una economía verde. México puede aprovechar sus capacidades productivas actuales para acceder a alternativas factibles y deseables, algunas de ellas implicarán mayor riesgo, pero así también, mayor beneficio. Los listados, pueden servir como una base empírica para el diseño de políticas públicas que promuevan la transición de las regiones a una economía verde y con ello el desarrollo sostenible.

Una de las principales limitaciones del presente radica en la dificultad para identificar mecanismos causales regionales que expliquen la trayectoria de diversificación exportadora hacia sectores verdes. Si bien el enfoque de complejidad económica permite mapear capacidades implícitas a través de las exportaciones, futuras investigaciones podrían profundizar en el análisis territorial mediante el uso de indicadores de productividad local como una aproximación a las capacidades tecnológicas existentes. Este enfoque puede realizarse a través de estudios subnacionales, mediante la integración de datos económicos locales, para obtener una lectura más granular de los obstáculos potenciales para una transición verde. Además, la incorporación de análisis econométricos para contribuir a identificar relaciones más robustas entre capacidades productivas, estructura económica regional y evolución de las exportaciones sostenibles.

Referencias

- [1] Alshamsi, A., Pinheiro, F. L., & Hidalgo, C. A. (2018). Optimal diversification strategies in the networks of related products and of related research areas. *Nature Communications*, 9, 1328. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03740-9>
- [2] Andres, P., & Mealy, P. (2023). Green Transition Navigator. <https://green-transition-navigator.org/>
- [3] Andres, P., Mealy, P., Handler, N., & Fankhauser, S. (2023). Stranded nations? Transition risks and opportunities towards a clean economy. *Environmental Research Letters*, 18(4), 045004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acc347>
- [4] Balassa, B. (1965). Trade liberalisation and “revealed” comparative advantage. *The Manchester School*, 33(2), 99–123. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.1965.tb00050.x>
- [5] Balland, P.-A., Boschma, R., Crespo, J., & Rigby, D. L. (2019). Smart specialization policy in the European Union: Relatedness, knowledge complexity and regional diversification. *Regional Studies*, 53(9), 1252–1268. <https://doi.org/10.1080/00343404.2018.1437900>
- [6] Balland, P.-A., Broekel, T., Diodato, D., Giuliani, E., Hausmann, R., O’Clery, N., & Rigby, D. (2022). The new paradigm of economic complexity. *Research Policy*, 51(3), 104450. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104450>
- [7] Barrios, D., Ramos, J., Tapia, J., Grisanti, A., & Morales, J. R. (2018). Baja California: Reporte de complejidad económica.
- [8] Belmartino, A. (2022). Green & non-green relatedness: Challenges and diversification opportunities for regional economies in Argentina (GSSI Discussion Paper Series in Regional Science & Economic Geography No. 2022-3).

- [9] Boschma, R. (2017). Relatedness as driver of regional diversification: A research agenda. *Regional Studies*, 51(3), 351–364. <https://doi.org/10.1080/00343404.2016.1254767>
- [10] Boschma, R., & Frenken, K. (2011). The emerging empirics of evolutionary economic geography. *Journal of Economic Geography*, 11(2), 295–307. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbq053>
- [11] Boschma, R., Minondo, A., & Navarro, M. (2013). The emergence of new industries at the regional level in Spain: A proximity approach based on product relatedness. *Economic Geography*, 89(1), 29–51. <https://doi.org/10.1111/j.1944-8287.2012.01170.x>
- [12] Castañeda, G. (2018). Complejidad económica, estructuras productivas regionales y política industrial. *Revista de Economía Mexicana. Anuario UNAM*, 3, 144–206.
- [13] Chávez, J. C., Mosqueda, M. T., & Gómez-Zaldívar, M. (2017). Economic complexity and regional growth performance: Evidence from the Mexican economy. *Review of Regional Studies*, 47(2), 201–219. <https://doi.org/10.52324/001c.8023>
- [14] Comisión Nacional del Agua. (2022). Estadísticas del agua en México 2021.
- [15] Cooke, P. (2010). Regional innovation systems: Development opportunities from the ‘green turn’. *Technology Analysis & Strategic Management*, 22(7), 831–844. <https://doi.org/10.1080/09537325.2010.511156>
- [16] Cortinovis, N., Zhang, D., & Boschma, R. (2024). Regional diversification and intra-regional wage inequality in the Netherlands. *Regional Studies*, 58(12), 2292–2306. <https://doi.org/10.1080/00343404.2024.2319339>
- [17] Economic Commission for Latin America and the Caribbean. (2019). Estudio económico de América Latina y el Caribe 2019: El nuevo contexto financiero mundial: Efectos y mecanismos de transmisión en la región.
- [18] Gaulier, G., & Zignago, S. (2010). BACI: International trade database at the product-level (the 1994–2007 version). CEPII Working Paper.
- [19] Gómez Zaldívar, F., Molina, E., Flores, M., & Gómez Zaldívar, M. de J. (2019). Complejidad económica de las Zonas Económicas Especiales en México: Oportunidades de diversificación y sofisticación industrial. *Ensayos Revista de Economía*, 38(1), 1–40. <https://doi.org/10.29105/ensayos38.1-1>
- [20] González Sierra, J. A., Pérez Hernández, C. C., & Mendoza Moheno, J. (2023). Inclusión financiera y complejidad económica en México. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época*, 18(2), e760, 1–25. <https://doi.org/10.21919/remef.v18i2.760>
- [21] Growth Lab. (2024). The Atlas of Economic Complexity. Harvard University. <https://atlas.cid.harvard.edu/>
- [22] Hartmann, D., Bezerra, M., & Pinheiro, F. L. (2019). Identifying smart strategies for economic diversification and inclusive growth in developing economies: The case of Paraguay. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3346790>
- [23] Hartmann, D., Guevara, M. R., Jara-Figueroa, C., Aristarán, M., & Hidalgo, C. A. (2017). Linking economic complexity, institutions, and income inequality. *World Development*, 93, 75–93. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.12.020>
- [24] Hausmann, R. (2022). Green growth opportunities.
- [25] Hausmann, R., Cheston, T., & Santos, M. A. (2015). La complejidad económica de Chiapas: Análisis de capacidades y posibilidades de diversificación productiva.
- [26] Hausmann, R., Hwang, J., & Rodrik, D. (2007). What you export matters. *Journal of Economic Growth*, 12(1), 1–25. <https://doi.org/10.1007/s10887-006-9009-4>

-
- [27] Hidalgo, C. A. (2018). From useless to keystone. *Nature Physics*, 14, 9–10. <https://doi.org/10.1038/nphys4337>
 - [28] Hidalgo, C. A. (2021). Economic complexity theory and applications. *Nature Reviews Physics*, 3(2), 92–113. <https://doi.org/10.1038/s42254-020-00275-1>
 - [29] Hidalgo, C. A. (2022). The policy implications of economic complexity [Preprint]. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2205.02164>
 - [30] Hidalgo, C. A. (2023). The policy implications of economic complexity. *Research Policy*, 52(9), 104863. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2023.104863>
 - [31] Hidalgo, C. A., & Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(26), 10570–10575. <https://doi.org/10.1073/pnas.0900943106>
 - [32] Hidalgo, C. A., Klinger, B., Barabási, A.-L., & Hausmann, R. (2007). The product space conditions the development of nations. *Science*, 317(5837), 482–487. <https://doi.org/10.1126/science.1144581>
 - [33] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2022). Calidad del aire. <https://cambioclimatico.gob.mx/estadosymunicipios/Aire.html>
 - [34] Kautish, P., & Sharma, R. (2019). Value orientation, green attitude and green behavioral intentions: An empirical investigation among young consumers. *Young Consumers*, 20(4), 338–358. <https://doi.org/10.1108/YC-11-2018-0881>
 - [35] Mealy, P., & Teytelboym, A. (2022). Economic complexity and the green economy. *Research Policy*, 51(8), 103948. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.103948>
 - [36] Neffke, F., Henning, M., & Boschma, R. (2011). How do regions diversify over time? Industry relatedness and the development of new growth paths in regions. *Economic Geography*, 87(3), 237–265. <https://doi.org/10.1111/j.1944-8287.2011.01121.x>
 - [37] Organisation for Economic Co-operation and Development. (2021). OECD policy responses to coronavirus (COVID-19). https://www.oecd.org/en/publications/oecd-policy-responses-to-coronavirus-covid-19_5b0fd8cd-en.html
 - [38] Observatory of Economic Complexity. (2022). Methods. <https://oec.world/es/resources/methods#economic-complexity>
 - [39] Observatory of Economic Complexity. (2024). Mexico (MEX): Exports, imports, and trade partners. <https://oec.world/es/profile/country/mex>
 - [40] Organisation for Economic Co-operation and Development. (1999). Future liberalisation of trade in environmental goods and services: Ensuring environmental protection as well as economic benefits.
 - [41] Pérez-Hernández, C. C. (2022). Complejidad económica y economía verde en México: Buscando nuevos caminos para la sustentabilidad.
 - [42] Pérez-Hernández, C. C., Montiel-Hernández, M. G., & Salazar-Hernández, B. C. (2025). Unlocking green export opportunities: Empirical insights from Southern Cone economies. *Sustainability*, 17(5), 2257. <https://doi.org/10.3390/su17052257>
 - [43] Pérez-Hernández, C. C., Salazar-Hernández, B. C., Mendoza-Moheno, J., Cruz-Coria, E., & Hernández-Calzada, M. A. (2021). Mapping the green product-space in Mexico: From capabilities to green opportunities. *Sustainability*, 13(2), 945. <https://doi.org/10.3390/su13020945>

-
- [44] Pinheiro, F. L., Hartmann, D., Boschma, R., & Hidalgo, C. A. (2022). The time and frequency of unrelated diversification. *Research Policy*, 51(8), 104323. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104323>
 - [45] Rigby, D. L. (2012). The geography of knowledge relatedness and technological diversification in U.S. cities.
 - [46] Rigby, D. L., Roesler, C., Kogler, D., Boschma, R., & Balland, P.-A. (2022). Do EU regions benefit from Smart Specialisation principles? *Regional Studies*, 56(12), 2058–2073. <https://doi.org/10.1080/00343404.2022.2032628>
 - [47] Romero, J. P., & Gramkow, C. (2021). Economic complexity and greenhouse gas emissions. *World Development*, 139, 105317. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105317>
 - [48] Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7%3C509::AID-SMJ882%3E3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7%3C509::AID-SMJ882%3E3.0.CO;2-Z)
 - [49] United Nations Conference on Trade and Development. (2022, December 13). Global trade update: December 2022. <https://unctad.org/publication/global-trade-update-december-2022>
 - [50] United Nations Environment Programme. (2023). Green economy. <http://www.unep.org/regions/asia-and-pacific/regional-initiatives/supporting-resource-efficiency/green-economy>
 - [51] United Nations Statistics Division. (2024). Classifications on economic statistics. <https://unstats.un.org/unsd/classifications/Econ#Correspondences>
 - [52] World Bank. (2024). World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org/>