

Capítulo 14. Estudios de complejidad económica y su vinculación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible



MARÍA GUADALUPE MONTIEL-HERNÁNDEZ

CARLA CAROLINA PÉREZ-HERNÁNDEZ

BLANCA CECILIA SALAZAR HERNÁNDEZ

SUEMI LIMA VARGAS

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.362.14>

Resumen

¿Cuál es la conexión entre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y los estudios de complejidad económica? Para abordar esta pregunta se realiza el presente estudio a partir de las bases de datos Web of Science, Semantic Scholar y Scopus que compila un total de 566 documentos de investigación de complejidad económica, que con herramientas de inteligencia artificial (IA) los vincula con una taxonomía de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para reconocer la relación entre los estudios. Bajo el análisis de redes sociales permite identificar las relaciones existentes para conocer los ODS que más vínculos tienen con complejidad económica, así como las investigaciones que menos se relacionan con estos. Se detectó que los ODS pertenecientes al eje económico son los que más vínculo tienen con los

* Doctora en Ciencias Económico Administrativas, profesora investigadora de tiempo completo en el área académica de mercadotecnia en el Instituto de Ciencia Económico Administrativas en la UAEH, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6385-3148>. Correo: maria_montiel@uaeh.edu.mx

** Doctora en Ciencias Económico Administrativas. Es profesora de tiempo completo en el área académica de Administración en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8286-8775>; Correo: carla_perez@uaeh.edu.mx

*** Doctora en Ciencias de la Administración. Es profesora de tiempo completo en el área académica de Administración en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9427-0826>; Correo: bsalazar@uaeh.edu.mx

**** Doctorante en Desarrollo Sostenible. Es profesora de tiempo completo en el área de Mercadotecnia de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4621-7646>; Correo: suemi_lima@uaeh.edu.mx

estudios de complejidad económica, mientras que los ODS “hambre cero” y “educación de calidad” son los menos relacionados, lo que resulta en una brecha de investigación.

Palabras clave: *complejidad económica, análisis semántico, análisis de redes, procesamiento de lenguaje natural.*

Introducción

A finales de la década de los ochenta en el reporte de Brundtland (1987) se resaltó la imposibilidad de separar el desarrollo económico y los aspectos medioambientales, enfatizando en la cooperación del desarrollo social y con ello la correcta interrelación entre: recursos, medioambiente, personas y desarrollo, con el objetivo de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las necesidades futuras. Por lo anterior, en la Asamblea de Brundtland (1987) surgen los tres pilares del desarrollo sostenible: sociedad, medioambiente y economía, cada uno de ellos con el mismo nivel de importancia.

Seis años más tarde, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en el año 1993 implementó el programa 21 (ONU, 1993), como un plan de acción para que los seres humanos influyeran positivamente en el medioambiente. Posteriormente, el mismo organismo puso en marcha los Objetivos de Desarrollo del Milenio, con un total de ocho objetivos y 21 metas en un periodo de 2000 al 2015.

En el año 2015 fue aprobada la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, con un total de 17 objetivos, denominados Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (figura 14.1) encaminados hacia una mejor calidad para la población en general, a partir del crecimiento económico sostenible e incluyente. Son considerados una ruta para la elaboración de políticas mundiales y parteaguas para el desarrollo global, y se integran en tres dimensiones: 1) económica, 2) social y 3) ambiental (ONU, 2015). A partir de los 17 objetivos se articulan 169 metas de las cuales 27 son aplicables únicamente para países desarrollados, las metas son medibles por 231 indicadores (Gómez, 2017).

Figura 14.1. *Objetivos de Desarrollo Sostenible*

Fuente: Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015).

A pesar de la restricción de que algunas metas son únicamente aplicables para países desarrollados, los ODS pueden ser aplicados en países desarrollados y en desarrollo. Son considerados universales y un marco de referencia para todos los países en aras del cuidado medioambiental, son transformadores, civilizatorios, promueven el desarrollo sostenible basado en la dignidad y los derechos humanos, buscan que nadie se quede rezagado, promueven un mundo de igualdad y discriminación cero. Su visión es a largo plazo y resultan útiles como herramientas de planificación y seguimiento de las regiones y los países (Blanc, 2015; CEPAL, 2017).

Con su implementación, se busca disminuir el impacto negativo al medioambiente, es entonces que el desarrollo sostenible ha sido estudiado desde distintas perspectivas, una de ellas es a través de los métodos de complejidad económica, con temas como economía verde (Mealy y Teytelboym, 2022), potencial productivo verde (Belmartino, 2022; Pérez-Hernández et al., 2021), emisiones de gases de efecto invernadero (Neagu y Teodoru, 2019) y específicamente con los pilares del desarrollo sostenible (Montiel-Hernández et al., 2024).

La complejidad económica (CE) es una teoría que data del 2006, fecha en que se introduce el término de espacio-producto por Hausmann y Klinger (2006) y posteriormente se complementa con los estudios de Hidalgo y

Hausmann (2009). Esta teoría busca, a través de la geografía de productos, ciencia de redes y técnicas de *machine learning*, la predicción de cambios en las estructuras económicas, asimismo, cuantifica la intensidad del conocimiento en una región (Hidalgo, 2022).

Se emplea el Índice de Complejidad Económica (ICE) que define la complejidad de la economía a partir del promedio de sus productos y la complejidad del producto como la complejidad media de los países que lo exportan, donde un mayor ICE indica que la región se ha especializado en productos complejos, poco imitables y un menor ICE estará relacionado con la poca especialización de la región.

En cuanto a temas medioambientales, se ha detectado que a mayor ICE, menores son las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Can y Gozgor (2016) analizan los determinantes de las emisiones de CO₂ en Francia, mediante el consumo de energía, la cual tiene una gran relación; con métricas de complejidad económica detectaron que, a largo plazo, una mayor complejidad económica se traduce en una disminución de los niveles de emisiones de CO₂.

Lo que conlleva a poder explicar que altos niveles de complejidad económica significan niveles menores de emisiones de CO₂ en las regiones; dicha afirmación es consistente con la investigación realizada por Romero y Gramkow (2021) en la que, además, se detectó que la producción de bienes con mayor nivel de complejidad tendrá menores emisiones, debido al perfeccionamiento de sus procesos, es decir, la teoría se ha distinguido como una métrica para estudiar el cuidado del medioambiente.

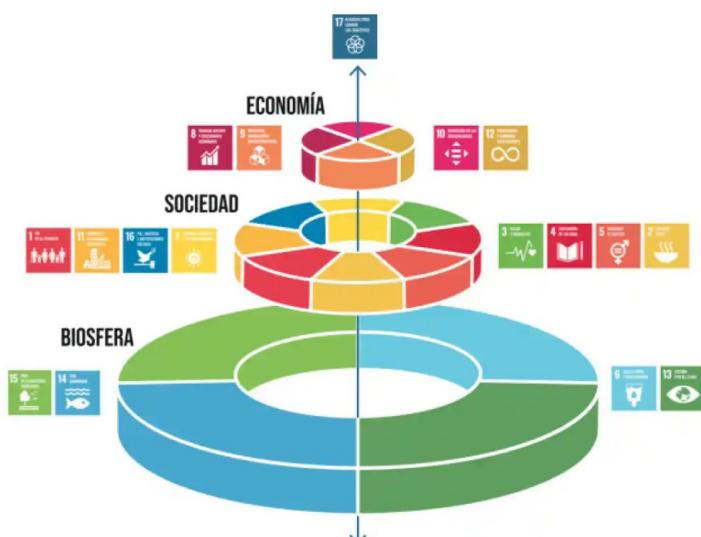
En la actualidad, la preocupación por el cuidado del medioambiente es un tópico que ha tomado gran fuerza, presente en las agendas de los países y en las políticas públicas e industriales globales (Ali et al., 2022; Can y Gozgor, 2016; Mealy y Teytelboym, 2022).

Las conexiones entre las dimensiones del desarrollo sostenible y la complejidad económica han sido estudiadas por Montiel-Hernández et al. (2024), donde compilan un total de 687 documentos de investigación de complejidad económica. Bajo la óptica de Hidalgo y Hausmann (2009), detectaron la relación entre las técnicas de complejidad económica y su vínculo con dimensiones económicas, políticas, sociales, culturales y medioambientales, lo anterior tiene un vínculo directo con los ODS, los

cuales han sido estudiados con diversas perspectivas. Para profundizar en el estudio sobre la relación entre los ODS y la CE se realiza el presente estudio que busca identificar los vínculos entre los pilares del desarrollo sostenible, los ODS y los estudios de CE.

Para ello se emplea la premisa del Centro de Resiliencia de Estocolmo (2016), que a partir de los 17 ODS ha generado una visualización (figura 14.2) bajo el supuesto de que los ODS deben verse como partes incrustadas de la biosfera, dentro de ella la sociedad y en ella la economía. La biosfera compuesta por el ODS 6: Agua limpia y saneamiento, ODS 13: Acción por el clima, ODS 14: Vida submarina y ODS 15 Vida de ecosistemas terrestres. Dentro de la biosfera se encuentra la sociedad, constituida por los ODS 1: Fin de la pobreza, ODS 3: Salud y bienestar, ODS 4: Educación de calidad, ODS 5: Igualdad de género, ODS 7: Energía asequible y no contaminante, ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles y ODS 16: Paz, justicia e instituciones sólidas. En la sociedad está inmersa la economía, compuesta por ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico, ODS 9: Industria, innovación e infraestructura, ODS 10 Reducción de las desigualdades y ODS 12 Producción y consumo responsables.

Figura 14.2. El pastel de bodas de los ODS



Fuente: Centro de Resiliencia de Estocolmo (2016).

El objetivo principal de la investigación es identificar las conexiones existentes entre los estudios de complejidad económica desde la perspectiva de Hidalgo y Hausmann (2009) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible a través de una revisión de la literatura científica reciente. Para lograrlo, se analizaron 566 publicaciones relacionadas con la complejidad económica utilizando un enfoque de procesamiento de lenguaje natural basado en redes neuronales, con el propósito de detectar relaciones semánticas entre estudios y la taxonomía de los ODS. De manera complementaria, se busca identificar vacíos temáticos de la literatura, es decir, aquellos ODS que aún no han sido explorados ampliamente mediante herramientas de complejidad económica. Este análisis pretende ofrecer una nueva perspectiva metodológica para vincular ambos campos de estudio y aportar insumos relevantes tanto para la comunidad académica como para los formuladores de políticas públicas.

La investigación tiene como objetivo reconocer la relación que existe entre los estudios de complejidad económica, desde la perspectiva de Hidalgo y Hausmann (2009) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, con la finalidad de reconocer las brechas de investigación para futuras investigaciones e identificar los ODS que más se vinculan con estudios de complejidad económica, así como los ODS que menos relación tienen, para una futura exploración.

Las secciones de este documento son método, en el que se especifica la metodología empleada para la realización de la investigación, posteriormente resultados, divididos en tres secciones principales: a) biosfera, b) sociedad y c) economía, en dicha sección se pueden apreciar las redes generadas a partir de la relación estudios de CE-ODS. Al final del documento se muestra la discusión y en ella las futuras líneas de investigación.

Método

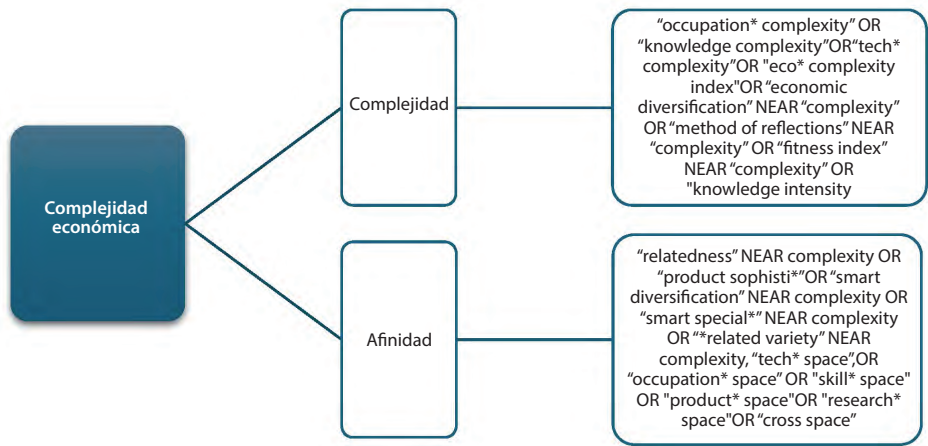
Diversos estudios han abordado la relación entre los ODS y aspectos del desarrollo desde enfoques cualitativos o cuantitativos. Por ejemplo, Anderson et al. (2022) emplean análisis cualitativo para explorar sinergias y tensiones entre ODS específicos mediante estudios de caso, mientras que Mon-

tiel-Hernández et al. (2024) analizan el vínculo entre la complejidad económica y los pilares del desarrollo sostenible. Sin embargo, estos trabajos no analizan de manera explícita cómo los estudios de complejidad económica están conectados temáticamente con los ODS ni exploran dicha relación desde un enfoque semántico. En este sentido, el presente estudio aporta un enfoque novedoso al realizar una revisión de la literatura especializada en complejidad económica, complementada con un análisis semántico computacional basado en procesamiento de lenguaje natural (PLN) y modelos de redes neuronales (Word2Vec), que permite identificar la proximidad temática entre dicha literatura y una taxonomía enriquecida de los ODS propuesta por Durán-Silva et al. (2019). Esta combinación metodológica posibilita detectar relaciones implícitas entre ambas dimensiones, superar las limitaciones de enfoques únicamente bibliométricos o cualitativos y ofrecer un mapa estructurado de los vínculos entre el campo de la complejidad económica y los ODS.

Para localizar los estudios se emplearon las siguientes bases de datos: Web of Science, Semantic Scholar y Scopus mediante una búsqueda de palabras clave, con un total de 17 palabras relacionadas con las corrientes de la literatura vinculadas a la teoría de complejidad económica (figura 14.3) (Hidalgo y Hausmann, 2009).

Las búsquedas comprenden desde 2006 hasta noviembre de 2022. Las exploraciones en Semantic Scholar se hicieron iterativamente ocupando las palabras clave, mientras que para Scopus y Web of Science se utilizó la cadena de consulta. Dentro del software Zotero se realizó la compilación de los registros resultantes para posteriormente fusionar duplicados y de esta manera evitar eliminar metadatos.

Figura 14.3. Palabras clave para la búsqueda



Fuente elaboración propia con base en Hidalgo (2021) y Montiel-Hernández et al. (2024).

Una vez procesados los 566 documentos, se analizan las coocurrencias entre palabras con la finalidad de encontrar la relación entre los documentos de complejidad económica y los ODS, lo anterior se realiza con Graphext, *software* que a partir de un análisis semántico de procesamiento de lenguaje natural (PNL), agrupa las palabras y genera visualizaciones de red y permite identificar la cercanía semántica de los documentos y su relación con los ODS (Graphext, 2022).

El agrupamiento semántico se realiza a partir del título y resumen de cada documento y se relaciona con la taxonomía propuesta por Duran-Silva et al. (2019)¹ compuesta por serie de “términos controlados que definen el alcance y amplitud” de los ODS enriquecida con un total de 3 429 palabras, parte de los términos extraídos de la lista oficial de la ONU, seguido de un enriquecimiento manual basado en revisiones de la literatura y posteriormente con técnicas de PNL, que permiten el análisis de datos y técnicas de aprendizaje automático específicamente mediante un modelo basado en redes neuronales Word2Vec, para seleccionar los términos semánticamente cercanos al conjunto de palabras, dicho modelo permite aprender representaciones de palabras en el espacio vectorial, mapeando las que coexisten

¹ El documento que contiene la taxonomía propuesta por Duran-Silva et al. (2019) está disponible en <https://zenodo.org/records/3567769#.ZCtxEuzMLMI>

con frecuencia y captura relaciones semánticas precisas de palabras (Grohe, 2020; Wu et al., 2018).

Con lo anterior se generan visualizaciones de red, que permiten el análisis de redes sociales (ARS) el cual aporta a la investigación un enfoque relacional, abordando los fenómenos de estudio desde la perspectiva de las conexiones. Asimismo, estructura a las relaciones como un todo y permite el entendimiento de los mecanismos causales y la correcta toma de decisiones (Aguirre, 2011).

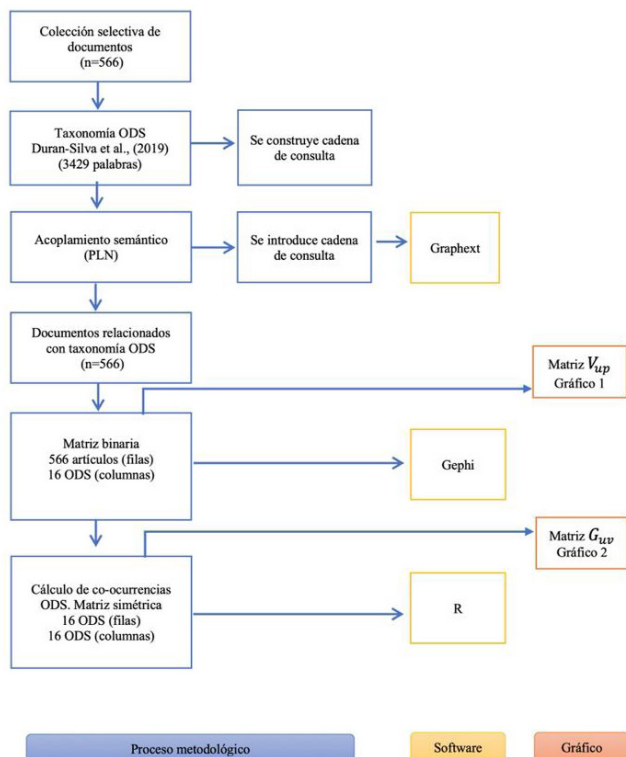
El ARS estudia las relaciones entre diversos elementos, se emplea cada vez con mayor frecuencia en las ciencias sociales, que a partir de modelos causales aplicados a estructuras macro (económicas o sociales) permiten construir explicaciones micro (económicas o sociales), buscando establecer conexiones entre actores. También se emplea para entender la relación entre la información y examina si las relaciones dan lugar a estructuras y patrones de red que expliquen resultados importantes (Bianchi et al., 2023; Sanz, 2003).

El análisis de redes sociales y el procesamiento del lenguaje natural están interrelacionados, permiten evaluar, por ejemplo, emociones, opiniones y sentimiento, asimismo, disminuyen la subjetividad y con ello una comprensión más profunda de las interacciones y posibilitan la interpretación de los datos (Rojas, 2023). Además, los resultados obtenidos, pueden integrarse en visualizaciones de red y representar relaciones e interacciones de forma gráfica (Kuz et al., 2016). El ARS, a partir del PNL, permite una interpretación más eficiente de los datos, para una comprensión más profunda de la información (Giménez, 2016).

Existen diversos *softwares* que permiten diseñar gráficos; para la presente investigación se emplea Gephi, debido a que es una herramienta amigable, de libre acceso, con opciones adecuadas para la cantidad de documentos a analizar.

La trazabilidad del estudio que se ha descrito con anterioridad, se resume en la figura 14.4. A partir del acoplamiento semántico se realiza una matriz binaria de orden 566×16 , en la que las filas corresponden a los artículos de investigación que guardan relación con los ODS (566) y las columnas son los ODS, contemplando del objetivo número 1 al 16. Dicha matriz es la matriz principal (V_{up}), en la que 1 refleja que existe relación entre el artículo y el ODS y 0 no hay relación.

Figura 14.4. Trazabilidad de la investigación



Fuente: elaboración propia.

Para identificar la co-ocurrencia que existe entre los ODS, se realizan procesos algebraicos en el *software* R (Balland, 2017), en el que se multiplica la matriz original por su matriz transpuesta para obtener una matriz simétrica de orden 16×16 (1). Misma actividad se realiza para obtener una matriz simétrica de orden 566×566 para reconocer la coocurrencia entre los artículos de investigación (figura 14.5).

$$V_{up} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}_{566 \times 16} * V_{up}' = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 \\ 0 & 1 & 0 & \cdots & 1 \\ 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}_{16 \times 566} G_{up} = \begin{bmatrix} 0 & 37 & \cdots & 19 \\ 37 & 0 & \cdots & 9 \\ 21 & 4 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 19 & 9 & \cdots & 0 \end{bmatrix}_{16 \times 16} \quad (1)$$

Resultados

La complejidad económica es un tema que inicialmente se vinculó con el crecimiento económico y el desarrollo de industrias a partir del conocimiento existente en las regiones (Hidalgo y Hausmann, 2009), por ello se detectó que se vincula en gran medida con más de un ODS, en específico, el objetivo 8: trabajo decente y crecimiento económico, su taxonomía está presente en el 75% de los trabajos de investigación relacionados con complejidad económica.

Un total de 369 estudios se relacionan con el ODS 9: industria, innovación e infraestructura, seguidos del ODS 10: reducción de las desigualdades vinculados con el 40% de las investigaciones, lo anterior resalta el gran vínculo que tienen los ODS con la CE, específicamente con tres de los cuatro objetivos que se encuentran dentro del aspecto económico de la propuesta del Centro de Resiliencia de Estocolmo (2016), lo cual adquiere gran sentido por la esencia de la CE que se vincula con el crecimiento económico y la reducción de la desigualdad (Hidalgo, 2021).

Mediante el análisis de redes se pueden observar gráficamente diversos elementos y conexiones que existen entre los documentos de investigación disponibles y los ODS. En la figura 14.5 se distinguen los trabajos de investigación (566) y los ODS (16), se visualiza el nombre de los ODS y el tamaño de los nodos se relaciona con la centralidad de cada uno de ellos. A continuación se describe cada una de las secciones propuestas en el “Pastel de Bodas de los ODS”.

Biosfera

La biosfera está compuesta por cuatro ODS, los cuales están enfocados específicamente en acciones por el clima, vida submarina y de ecosistemas terrestres, así como agua limpia y saneamiento. Es el eje en que menos coocurrencias hubo en relación con la taxonomía, es decir, son muy pocos estudios los que vinculan a la biosfera con la CE: un total de 125 investigaciones. Estudios iniciados en el año 2011 gracias al artículo que vincula a

las políticas que promueven la industria verde y la competitividad en las organizaciones, resaltando la necesidad de la creación de políticas públicas para el uso de energía renovable (Huberty y Zachmann, 2011).

Resulta interesante identificar que únicamente se presenta un documento dentro del ODS 6, elaborado por Fan et al. (2022), en el que construyen un modelo que permite pronosticar la generación de desechos plásticos de la Unión Europea en 2030, destacando la importancia de su reducción por el impacto ambiental y la generación de políticas para la mitigación de los riesgos ambientales, y analiza la dependencia entre el consumo de energía, ICE, población, producto interno bruto (PIB) y sus interacciones.

Se distinguen estudios que evalúan el proceso de degradación ambiental mediante los efectos marginales del ICE, los recursos naturales y la economía sumergida (Tillaguango et al., 2021), el impacto del consumo de carne y la población de ganado, argumentando que en un futuro será más amigable con el medioambiente el consumo de carne cultivada (Simdi y Seker, 2022), las emisiones de gases de efecto invernadero y la relación de la complejidad económica con la economía verde (Mealy y Teytelboym, 2022).

El vínculo entre CE y biosfera ha experimentado su mayor crecimiento a partir del año 2022, con un crecimiento del 40% en los estudios, lo que indica que son temáticas emergentes a las que se les debe poner especial atención para profundizar en ellas. Además de estar inmersas en los ODS brindan nuevos conocimientos que permiten profundizar en políticas públicas para el cuidado del medioambiente.

Sociedad

En cuanto al eje social, están dentro ocho ODS, y se detectó relación con 324 documentos de investigación. El primer estudio es el realizado por Hausmann et al. (2006), poniendo especial atención a lo que un país puede exportar, esto debido a los patrones de especialización que conlleva la exportación de un producto. Sus resultados muestran que los países que exportan bienes relacionados con niveles de productividad más altos crecen más rápidamente y se traduce en un incremento de los niveles de capital humano.

El documento más citado dentro del presente eje es el ejecutado por Hidalgo et al. (2007), en el que se hace evidente la métrica de relacionamiento entre productos, mide la afinidad de los bienes según la ubicación de los países que los producen, se enfoca en la proporción de los factores productivos, tales como mano de obra, capital humano, capital físico e instituciones y con ello la posible entrada (o salida) a actividades económicas.

El ODS relacionado con educación de calidad únicamente registró coincidencias con dos estudios, el realizado por Candia et al. (2019), en el que argumentan la relación entre las estructuras económicas y la educación superior, encontrando una relación positiva entre la complejidad de las economías, la diversidad y calidad de programas educativos, relacionado también con el nivel de sofisticación de las economías.

Existe un gran vínculo entre los ODS de sociedad y la CE, pues se hace evidente la necesidad de profundizar en estudios de educación, en la que existe un precedente de su relación y con ello reconocer el impacto del conocimiento en las regiones y el crecimiento económico.

Economía

El eje de economía está compuesto por el 91% de los documentos seleccionados, con un total de 514 trabajos de investigación, contemplando así a cuatro ODS; ha experimentado un crecimiento del 25% desde el primer estudio que data de 2006, el realizado por Hausmann et al. (2006), que analiza las exportaciones y su relación con la economía.

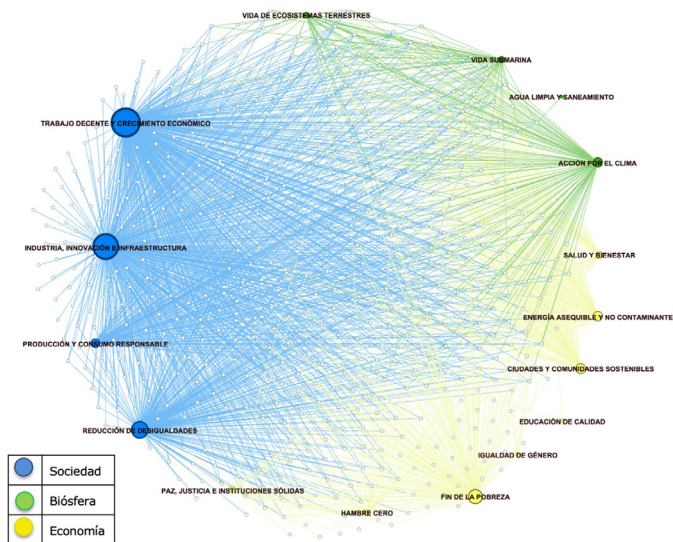
Sigue la investigación realizada por Boschma e Iammarino (2008), en el que estudian la variedad relacionada que refiere a las diferentes industrias y sectores interconectados que se apoyan en una región y el impacto en el crecimiento regional de Italia; ellos detectaron que la variedad relacionada y las conexiones comerciales influyen en el crecimiento regional italiano.

Uno de los más recientes estudios, dentro del trabajo decente y crecimiento económico, es el estudio empírico sobre complejidad económica y los negocios digitales en países europeos; detectaron que en el sector empresarial la digitalización influye positivamente en la CE (Ha, 2023). En cuanto a industria, innovación e infraestructura, Klement y Strambach

(2019) hacen un estudio sobre la innovación en los géneros musicales y la diversificación, y detectan que estos emergen de fuentes de conocimiento local, lo captura e introduce conocimiento nuevo.

Relacionado con la reducción de las desigualdades, Vu (2020) investiga la relación entre la inclusión de las personas lesbiana, gay, bisexual y transgénero (LGBT) y la innovación, y detectaron que la capacidad de innovación estará relacionada con la tolerancia que tengan las regiones al grupo de personas antes mencionado, fomentando la creatividad, innovación, resiliencia y la disminución de la discriminación. En cuanto a la producción y consumo responsables, Dong et al. (2020) centran su atención en el impacto de los objetivos de reducción de emisiones en la complejidad económica y el rendimiento industrial, destacando la importancia de diseñar políticas de reducción de emisiones considerando los objetivos ambientales y económicos.

Figura 14.5. El desarrollo sostenible y estudios de complejidad económica

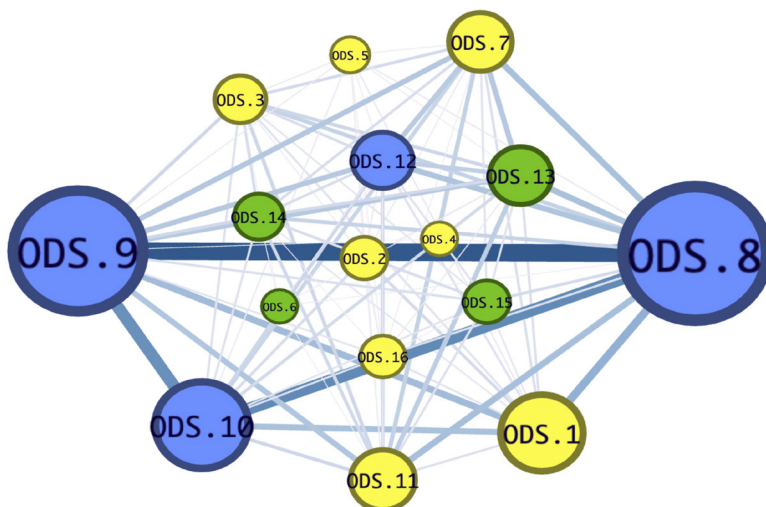


Nota: El grafo es realizado con el *software* Gephi. Los nodos representan documentos de investigación (566) y ODS (16). El tamaño de los nodos está relacionado con su centralidad, el nombre corresponde al nombre que tiene cada ODS y el color con el grupo al que pertenece según “El pastel de bodas de los ODS”. Se reconoce la co-ocurrencia entre los artículos de investigación a partir de la matriz binaria.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 14.6 se distingue la relación entre los tres ejes de los objetivos de desarrollo sostenible; reitera lo que se ha mencionado con anterioridad: los ODS con mayor centralidad dentro de la red corresponden al eje económico, seguidos de los relacionados con la sociedad y por último biosfera. Esto se distingue a través del tamaño de los nodos, el cual está en función de la centralidad de los ODS.

Figura 14.6. *El desarrollo sostenible y estudios de complejidad económica*



Nota: El grafo es realizado con el *software* "Gephi". Los nodos representan los ODS (16). El tamaño de los nodos está relacionado con la coocurrencia de cada ODS, el nombre corresponde a cada ODS y su respectivo número y el color con el grupo al que pertenece según "El pastel de bodas de los ODS". El grosor y la intensidad del color de las aristas se relaciona con el peso que tiene cada uno de los nodos, a mayor grosor e intensidad, mayor es la relación existente entre nodos.

Fuente: elaboración propia.

En cuanto al relacionamiento entre los estudios de investigación, se ha detectado el estudio realizado por Yaprakli y Ozden (2021), que semánticamente hace referencia a los tres ejes del desarrollo sostenible y estudia el efecto del desarrollo sostenible en la complejidad económica en diversos países. El estudio elaborado por Pata y Hizarci (2022) en la que investigan la curva de Kuznets en cinco de los países más complejos, a través del modelo de huella ecológica. Las anteriores son investigaciones que se relacionan debido a los ODS que abarcan en el desarrollo del trabajo.

Discusión

El presente estudio aporta a la literatura una nueva forma de operacionalizar los ODS desde los estudios de complejidad económica, incorporando herramientas de análisis semántico basadas en modelos de redes neuronales. A diferencia de trabajos previos que han explorado los vínculos entre los pilares del desarrollo sostenible y la complejidad económica (Montiel-Hernández et al. 2024), el presente se enfoca específicamente en identificar conexiones entre los ODS y los estudios de complejidad económica, a través de una revisión de 566 publicaciones científicas, analizadas con técnicas de procesamiento de lenguaje natural.

Una de las principales contribuciones del estudio es el uso innovador de la taxonomía propuesta por Duran-Silva et al. (2019) sobre los ODS, vinculada semánticamente con los estudios revisados, lo que permite identificar con precisión cuáles ODS se relacionan con la literatura de complejidad económica, incluso cuando no se mencionan explícitamente. Este enfoque no había sido abordado anteriormente de forma sistemática.

Asimismo, los hallazgos evidencian vacíos importantes en la literatura, como la limitada conexión entre la complejidad económica y objetivos clase como el ODS 2 (Hambre cero) y el ODS 4 (Educación de calidad). Este resultado señala una oportunidad clara para futuras investigaciones que exploren cómo las métricas de complejidad pueden contribuir al diseño de políticas en estas áreas.

Finalmente, este estudio amplía el alcance temático y metodológico de la complejidad económica, ofreciendo una herramienta útil tanto para investigadores del campo como para formuladores de políticas públicas interesados en adoptar un enfoque más integral del desarrollo, más allá del PIB, que incluya también el conocimiento, el bienestar, la equidad y la sostenibilidad ecológica (Hidalgo, 2021; Fioramonti et al., 2019).

Conclusión

Esta investigación muestra el primer estudio que vincula a los ODS con la CE, empleando las bases de datos Semantic Scholar, Web of Science y Scopus, con un total de 566 documentos, busca la relación entre ellos y los ODS. Este estudio introduce un enfoque computacional que permite identificar relaciones semánticas no explícitas, contribuyendo así a ampliar la comprensión del alcance de los estudios de complejidad económica. Es decir, no solo amplía el campo de la aplicación de CE, sino que también ofrece un nuevo instrumento metodológico para vincularla con la agenda global del desarrollo sostenible. Esta contribución resulta especialmente relevante para investigadores interesados en intersecciones temáticas entre desarrollo, política pública, ciencia de datos, así como para formuladores de políticas que buscan herramientas más integrales y alineadas con los ODS.

La investigación comienza con la pregunta: ¿cuál es la relación entre los estudios de complejidad económica y los objetivos de desarrollo sostenible?, la cual se responde al identificar que tienen un completo vínculo, tomando como base la propuesta del Centro de Resiliencia de Estocolmo (2016), que agrupa a los ODS en tres ejes: biosfera, sociedad y economía.

Se detectó que aunque existe una gran diversidad de estudios de complejidad económica vinculados con una variedad de temáticas, así como también un gran número de estudios de ODS, el presente estudio resulta útil para reconocer la importancia de su vínculo, distinguir las posibles futuras líneas de investigación, la necesidad de profundizar los estudios de CE relacionados con la biosfera y la sociedad, de reconocer la utilidad de las métricas de complejidad económica en los pilares del desarrollo sostenible.

Demuestra que la CE ha adquirido gran relación con la biosfera, sociedad y economía se detectó que el eje económico es el que más relación guarda con los estudios de complejidad económica, por lo que actualmente los estudios deben enfocarse específicamente en la sociedad y en la biosfera.

Por ahora, de los resultados surgen varias recomendaciones: enfocar esfuerzos para vincular a la CE con “educación de calidad” y “hambre cero”, profundizar en estudios que relacionen a la biosfera con las métricas de CE permitirá la creación de políticas públicas enfocadas en el cuidado del

medio ambiente, encaminados hacia la sostenibilidad y el crecimiento económico.

El presente documento tiene diversas limitaciones, únicamente son empleadas tres bases de datos, que a pesar de ser sólidas excluyen documentos no indexados, otra limitación es que las palabras clave empleadas pueden excluir algunos documentos. Cumple con el propósito de reconocer la relación entre los estudios y reconocer sus vínculos, asimismo, resulta novedosa pues vincula dos tópicos en la actualidad y apertura futuras líneas de investigación.

Referencias

- Aguirre, J. L. (2011). Introducción al análisis de redes sociales. *Documentos de Trabajo del Centro Interdisciplinario para el Estudio de Políticas Públicas*, 82(2), 1-59.
- Ali, J., Akram, V., y Burhan, M. (2022). Does economic complexity lead to global carbon emissions convergence? *Environmental Science and Pollution Research*, 29(30), 45646-45655. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19188-w>
- Anderson, C. C., Denich, M., Warchold, A., Kropp, J. P., y Pradhan, P. (2022). A systems model of SDG target influence on the 2030 Agenda for Sustainable Development. *Sustainability Science*, 17(4), 1459-1472. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-01040-8>
- Balland, P. A. (2017). Economic Geography in R: Introduction to the EconGeo Package. *Econometrics: Computer Programs y Software eJournal*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.2962146>
- Belmartino, A. (2022). Green & non-green relatedness: Challenges and diversification opportunities for regional economies in Argentina. (GSSI Discussion Paper Series in Regional Science y Economic Geography No. 2022-3).
- Blanc, D. L. (2015). Towards integration at last? The sustainable development goals as a network of targets.
- Bianchi, P. A., Causholli, M., Minutti-Meza, M., & Sulcaj, V. (2023). Social networks analysis in accounting and finance. *Contemporary accounting research*, 40(1), 577-623.
- Boschma, R., e Iammarino, S. (2008). Related Variety, Trade Linkages, and Regional Growth in Italy. *Economic Geography*, 85, 289-311. <https://doi.org/10.1111/j.1944-8287.2009.01034.x>
- Brundtland, G. H. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Note by the Secretary-General*. <https://digitallibrary.un.org/record/139811>
- Can, M., y Gozgor, G. (2016). Dynamic Relationships Among CO₂ Emissions, Energy Consumption, Economic Growth, and Economic Complexity in France. *Political Economy-Development: Domestic Development Strategies eJournal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2756638>

- Candia, C., Encarnacao, S., y Pinheiro, F. L. (2019). The higher education space: Connecting degree programs from individuals' choices. *EPJ Data Science*, 8(1), 39. <https://doi.org/10.1140/epjds/s13688-019-0218-4>
- CEPAL, C. E. para A. L. y el. (2017, febrero 17). *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)* [Text]. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/objetivos-desarrollo-sostenible-ods>
- Dong, Z., Chen, W., y Wang, S. (2020). Emission reduction target, complexity and industrial performance. *Journal of Environmental Management*, 260, 110148. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110148>
- Duran-Silva, N., Fuster, E., Massucci, F. A., y Quinquilla, A. (2019). *A controlled vocabulary defining the semantic perimeter of Sustainable Development Goals* [Dataset]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3567769>
- Fan, Y. V., Jiang, P., Tan, R. R., Aviso, K. B., You, F., Zhao, X., Lee, C. T., y Klemeš, J. J. (2022). Forecasting plastic waste generation and interventions for environmental hazard mitigation. *Journal of Hazardous Materials*, 424, 127330. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127330>
- Fioramonti, L., Coscieme, L., y Mortensen, L. F. (2019). From gross domestic product to wellbeing: How alternative indicators can help connect the new economy with the Sustainable Development Goals. *The Anthropocene Review*, 6(3), 207-222. <https://doi.org/10.1177/2053019619869947>
- Gimenez Fayos, M. T. (2016). *Una aproximación basada en aprendizaje automático para diversos problemas de procesamiento de lenguaje natural en redes sociales*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/64031>
- Gómez, C. (2017). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): Una revisión crítica. *Papeles de Relaciones Ecosociales y Cambio Global*, 140, 107-118.
- Graphext. (2022). Graphext. No-Code Data Analytics. <https://www.graphext.com/>
- Ha, L. T. (2023). Digital Business and Economic Complexity. *Journal of Computer Information Systems*. <https://doi.org/10.1080/08874417.2022.2040066>
- Hausmann, R., Hwang, J., y Rodrik, D. (2006). What you export matters. *Journal of Economic Growth*, 12, 1-25. <https://doi.org/10.1007/s10887-006-9009-4>
- Hausmann, R., y Klinger, B. (2006). Structural Transformation and Patterns of Comparative Advantage in the Product Space. *International Trade*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.939646>
- Hidalgo, C. (2022). *The Policy Implications of Economic Complexity*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2205.02164>
- 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>
- Hidalgo, C. A., y 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>
- Hidalgo, C. A., Klinger, B., Barabasi, A. L., y Hausmann, R. (2007). The Product Space Conditions the Development of Nations. *Science*, 317, 482-487. <https://doi.org/10.1126/science.1144581>

- Huberty, M., y Zachmann, G. (2011). *Green exports and the global product space: Prospects for EU industrial policy*. Bruegel Working Paper 2011/07. <https://semanticscholar.org/paper/2c6dcdbd775183e77c1b3a9688cc0a62d0361099a>
- Klement, B., y Strambach, S. (2019). How do new music genres emerge? Diversification processes in symbolic knowledge bases. *Regional Studies*, 53, 1447-1458. <https://doi.org/10.1080/00343404.2019.1580817>
- Kuz, A., Falco, M., y Giandini, R. (2016). Análisis de redes sociales: Un caso práctico. *Computación y Sistemas*, 20(1), 89-106.
- Mealy, P., y Teytelboym, A. (2022). Economic complexity and the green economy. *Research Policy*, 51(8), 103948. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.103948>
- Montiel-Hernández, M. G., Perez-Hernández, C. C., y Salazar-Hernández, B. C. (2024). The Intrinsic Links of Economic Complexity with Sustainability Dimensions: A Systematic Review and Agenda for Future Research. *Sustainability*, 16(1), 391. <https://doi.org/10.3390/su16010391>
- Neagu, O., y Teodoru, M. (2019). The Relationship between Economic Complexity, Energy Consumption Structure and Greenhouse Gas Emission: Heterogeneous Panel Evidence from the EU Countries. *Sustainability*, 11(2), 497. <https://doi.org/10.3390/su11020497>
- ONU (1993). División de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/index.htm>
- ONU (2015). Asamblea General de las Naciones Unidas. Naciones Unidas. <https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>
- Pata, U. K., y Hizarci, A. E. (2022). Investigating the environmental Kuznets curve in the five most complex countries: Insights from a modified ecological footprint model. *Energy & Environment*. 0958305X2211202. <https://doi.org/10.1177/0958305X221120255>
- Perez-Hernández, C. C., Salazar-Hernández, B. C., Mendoza-Moheno, J., Cruz-Coria, E., y Hernández-Calzada, M. A. (2021). Mapping the Green Product-Space in México: From Capabilities to Green Opportunities. *Sustainability*, 13(2), 945. <https://doi.org/10.3390/su13020945>
- Rojas Marinkelle, D. (2023). Procesamiento del lenguaje natural y análisis de redes sociales para comprender las renegociaciones de APP en medio de la pandemia de covid-19. <https://repositorio.uniandes.edu.co/items/8e089375-73f5-423f-b84d-9e8d2a-be4ac2>
- Romero, J. P., y Gramkow, C. (2021). Economic complexity and greenhouse gas emissions. *World Development*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105317>
- Sanz Menéndez, L. (2003). Análisis de redes sociales: o cómo representar las estructuras sociales subyacentes.
- Simdi, H., y Seker, A. (2022). A change is gonna come: Will traditional meat production end? *Environmental Science and Pollution Research*, 29(20), 30470-30485. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17829-0>
- Stockholm Resilience Center. (2016, 14 de junio). The SDGs wedding cake. <https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2016-06-14-the-sdgs-wedding-cake.html>

- Tillaguango, B., Alvarado, R., Dagar, V., Murshed, M., Pinzon, Y., y Méndez, P. (2021). Convergence of the ecological footprint in Latin América: The role of the productive structure. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(42), 59771-59783. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14745-1>
- Vu, T. V. (2020). Does LGBT Inclusion Promote National Innovative Capacity? *WGSRN: Other Economic Approaches (Sub-Topic)*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3523553>
- Yaprakli, S., y Ozden, E. (2021). The Effect of Sustainable Development on Economic Complexity in OECD Countries. *International and Multidisciplinary Journal of Social Sciences*, 10(2), 51-80. <https://doi.org/10.17583/rimcis.7949>