

Transición de América Latina hacia la bioeconomía. Una comparación con países de la OCDE, la Unión Europea y los BRICS*

Transition of Latin America towards the Bioeconomy. A Comparison with OCDE, European Union and BRICS Countries

*José Ignacio Ponce Sánchez** y Graciela Carrillo González****

RESUMEN

La bioeconomía basada en conocimiento (BBC) es un nuevo enfoque de la economía que se sustenta en la producción, la utilización y la conservación de los recursos biológicos a partir de la aplicación de conocimientos científicos, tecnología e innovaciones, para crear formas novedosas y eficientes en el uso de la biomasa, cuya finalidad es el desarrollo de alternativas tecnológicas que contribuyan a superar la dependencia de los recursos fósiles. Esta propuesta surge en 2009 por iniciativa de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la Unión Europea (UE), su grado de avance en los distintos países ha estado en función de las características de sus Sistemas Nacionales de Innovación (SNI). En este artículo se caracteriza a los SNI de Latinoamérica con el fin de detectar los atributos actuales para adoptar la BBC. El estudio se basa en un análisis de clúster multivariado con 32 variables (socioeconómicas, ambientales y científico-tecnológicas), que permiten comparar a los SNI latinoamericanos con los de la OCDE, la UE y los BRICS.

Palabras clave: Bioeconomía, innovación, sustentabilidad.

Clasificación JEL: C38, O13, O19.

ABSTRACT

The knowledge-based bioeconomy (BBC) is a new approach to the economy that is based on the production, use and conservation of biological resources from the application of scientific knowledge, technology and innovations, to create innovative and efficient use of biomass, its purpose is the development of technological alternatives that help overcome dependence on fossil resources. This proposal arose in 2009 at the initiative of the OECD and the European Union, the degree of progress in the different countries has been a function of the characteristics of their National Innovation Systems (NIS). In this article, Latin American NIS are characterized in order to detect the current attributes for adopting the BBC. The study is based on a multivariate cluster analysis with 32 variables (socio-economic, environmental and scientific-technological) that allow Latin American NIS to be compared with those of the OECD, the EU and the BRICS.

Keywords: Bioeconomy, innovation, sustainability.

JEL Classification: C38, O13, O19.

* Fecha de recepción: 26/02/2018. Fecha de aceptación: 10/03/2018.

** Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, México. E-mail: ponce.ignacio@outlook.com. ORCID: 0000-0001-8560-4556.

*** Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, México. E-mail: graci2992@gmail.com. ORCID: 0000-0001-8969-5096

INTRODUCCIÓN

El enfoque de la BBC fue diseñado e impulsado, a principios del siglo actual, desde la OCDE y la UE para contribuir al logro de los objetivos del desarrollo sostenible, y transitar hacia un modelo económico más inclusivo y sustentable que rompa con la dependencia de los combustibles fósiles. Esto supone un cambio en el esquema productivo donde los recursos biológicos (biomasa) y el conocimiento científico juegan un papel preponderante para el desarrollo y bienestar de los países, por lo que se asume la relevancia de los agentes, las instituciones, las interacciones y las prácticas que están presentes dentro de los SNI en cada país para impulsar la BBC en el contexto actual.

El objetivo de este artículo es analizar a partir de una serie de variables los SNI en 19 países de América Latina, y compararlos con los SNI de los países de la OCDE, la UE y los BRICS, para identificar las características y la proximidad hacia una transición a la BBC. Se incorporan variables estadísticas de innovación, capacidades científicas y tecnológicas, criterios ambientales y económico-sociales afines para la BBC, las cuales se analizan y comparan entre grupos de países.

La pregunta guía es ¿Con qué características cuentan los países de América Latina para transitar hacia la BBC? La hipótesis central señala que las economías más grandes de la región latinoamericana están en posibilidades de adoptar la bioeconomía siempre y cuando exista un mayor grado de consolidación de sus SNI expresado en políticas y actividades productivas dirigidas al desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas, la formación de recursos humanos y el uso racional de los recursos naturales.

El artículo se organiza en cuatro secciones: la primera presenta los antecedentes, el concepto de BBC y un marco conceptual de los SNI; la segunda hace una aproximación empírica para el caso de la UE; en la tercera se describe la metodología, basada en el análisis de clúster multivariado, y en la cuarta se resume el análisis del resultado del modelo. Finalmente, se presentan las conclusiones.

I. LA BIOECONOMÍA Y LOS SISTEMAS NACIONALES DE INNOVACIÓN

El término “bioeconomía”,¹ también llamada “economía de base biológica” ha aparecido en los últimos años y con mayor frecuencia en documentos de política y estrategia nacional en varios países y regiones económicas. Organismos internacionales, como la OCDE y la UE Staffas *et al.* (2013), son ahora un referente

¹ En este trabajo se entiende Bioeconomía como la bioeconomía basada en conocimiento (KBBE por sus siglas en inglés).

en el tema por el impulso que le han dado tratando de posicionar a la BBC en el marco de una de las grandes tendencias del siglo XXI: la economía verde.²

La BBC es una nueva visión de la economía que, basada en el conocimiento científico y en el uso sustentable de los recursos biológicos, propone transformar, mediante la biotecnología, los sistemas productivos para reducir el consumo de recursos no renovables y poco sustentables como el petróleo y el carbón. Se apoya en tres principios: conocimiento biotecnológico, biomasa renovable e integración entre aplicaciones; busca sustituir fuentes de energía intensivas en CO₂, y aprovechar la biomasa³ para el diseño y producción de nuevas líneas de productos y servicios de consumo final.

La OCDE señala en *The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda* (2009) y la UE en *Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe* (2012) que algunos de los beneficios potenciales de la transición hacia la BBC incluyen: la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI), la disminución de la dependencia de los recursos fósiles, una gestión de los recursos naturales más prudente y la seguridad alimentaria. Por lo tanto, la BBC busca satisfacer los requisitos para la sostenibilidad desde las perspectivas ambiental, social y económica.

Desde la OCDE (2009) y la UE (2013) se han realizado acuerdos en los niveles global, regional y local para priorizar la transición de los sistemas económicos actuales hacia programas y estrategias de BBC. Esto marca diferencias importantes entre países, ya que transitar hacia la BBC requiere de suficientes capacidades científicas, tecnológicas y de innovación (CTI) para diseñar, producir y/o utilizar el conocimiento adecuadamente, por lo que la capacidad para adoptarla estará en función de los recursos disponibles, las capacidades desarrolladas, las instituciones predominantes y los acuerdos de cada país.

Distintos marcos teóricos han intentado explicar estas diferencias entre países. El concepto de SNI (Patel y Pavitt, 1994; Lundvall, 1992) surgió a principios de los años noventa con el fin de explicar la estructura y los procesos que se presentan en un contexto de coevolución de tecnologías, empresas, instituciones, sociedad y academia en la economía de un país para generar nuevo conocimiento. Lundvall (1992) explica que por razones históricas “algunos sistemas nacionales pueden estar mejor preparados que otros para hacer frente a nuevos contextos” (Lundvall, 1992: 324). En este sentido, las características de los SNI

² En 2008 el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) lanzó una iniciativa que denominó la Economía Verde, la cual define como “un sistema de actividades económicas relacionadas con la producción, distribución y consumo de bienes y servicios que resulta en mejoras del bienestar humano en el largo plazo, sin, al mismo tiempo, exponer a las generaciones futuras a significativos riesgos ambientales y escasez ecológica significativas” (PNUMA, 2010, pág. 2). Esta propuesta propuso como eje el fomento a la inversión privada y pública en los sectores de bienes y servicios amigables con el ambiente para potenciar dichas inversiones en favor de los sectores de la población más pobres.

³ Se refiere a plantas, animales, bacterias, virus y enzimas.

son determinantes para responder al escenario actual de crisis ambiental que coloca a la innovación y al conocimiento científico como elementos clave de la bioeconomía.

Los SNI han sido un importante tema de estudio en el ámbito académico y un área de interés para los tomadores de decisiones en muchos países. Una de las principales inquietudes ha sido identificar qué características específicas son las que determinan las diferencias en el crecimiento económico entre países y qué papel juegan en ello los SNI. El enfoque de los SNI tiene un supuesto fundamental, el cual señala que dentro de un sistema socioeconómico específico los agentes (estado, academia, industria y sociedad civil) que promueven directamente la adquisición y la difusión de nuevos conocimientos actúan bajo la influencia del contexto nacional y de las políticas económicas vigentes, lo que determina la magnitud, la dirección y el éxito relativo de la innovación (Lundvall, 1992, Freeman, 2002). El marco de los SNI ha sido la base de muchos estudios teóricos y empíricos a nivel sectorial y nacional para descubrir similitudes internacionales en la estructura y la eficiencia de las innovaciones.

La conexión entre los SNI y la BBC ha sido abordada por autores como Roberto Eposti (2012), quien propone un sistema de conocimiento e innovación a nivel de la UE para la BBC. Su planteamiento se basa en un sistema cuyo objetivo es superar las fronteras sectoriales, mejorar la innovación en el sector agrícola para satisfacer la necesidad de alimentos: producir más con menos factores de producción y aumentar la productividad de los insumos agrícolas, reconocer la heterogeneidad de los diversos actores implicados y adaptar las políticas de investigación, innovación, sustentabilidad y desarrollo de la UE a las estructuras emergentes de la BBC.

Dado que la bioeconomía vincula directamente la innovación con el crecimiento económico, es importante que la base de agentes que generen los conocimientos y las CTI sea amplia pero focalizada, para aumentar la productividad al mismo tiempo que maximice la eficiencia en el uso de los recursos naturales y minimice el impacto en el medio ambiente. Por lo tanto, es necesario innovar en diversos ámbitos, como las políticas públicas, la formación de capital humano y la identificación de nuevos mercados y fuentes de biomasa, ya que todo ello impulsa el desarrollo de la bioeconomía e involucra a diversos grupos de interés.

Los SNI comprenden el conjunto de capacidades científicas y tecnológicas de un país y simultáneamente dan cuenta del contexto económico, social y político que incentiva o desincentiva las acciones de los agentes que lo componen y que determinan el impacto en la sociedad, ello hace necesario evaluar los fundamentos y las características de estos sistemas para identificar las variables clave que ayuden a reconocer sus posibilidades reales de acercamiento a la BBC.

En este sentido, acudir al análisis de la información empírica que ha sido recuperada y sistematizada a nivel internacional o por país es indispensable.

Realizar el análisis de los SNI, buscando identificar las condiciones específicas de cada uno de los países para que transiten hacia la BBC, sobre una base empírica amplia, exige un estudio transversal, ya que un análisis que se limite a la capacidad de innovación dentro del sector de la biotecnología o a un sector productivo específico (industrial o agrícola) no permitiría extraer conclusiones precisas sobre un país. Sin embargo, la revisión de todo el SNI y de algunas otras variables macroeconómicas, ambientales y de desarrollo puede dar pistas para identificar las características concretas con que se cuenta para una transición hacia la BBC.

II. UNA APROXIMACIÓN EMPÍRICA

Los factores que determinan si un país podrá ser capaz de adoptar la BBC son imprecisos y de gran complejidad. La diversidad de factores específicos de cada nación, como las condiciones históricas, geográficas, políticas y socioeconómicas, así como la variada gama de “factores deseables”, dificultan tener una base homogénea para estudiar la transición y el desarrollo hacia la BBC.

Urmetzer y Pyka, (2017) hacen una primera aproximación para generar una base de variables que den seguimiento a la innovación que conduce hacia la BBC, utilizando indicadores propuestos por la OCDE para monitorear el crecimiento verde, así como los objetivos definidos en la Estrategia Europea de BBC (European Commission, 2013). En su modelo proponen seis categorías de datos para una evaluación empírica que permita la posibilidad de introducir la BBC. Entre los principales resultados a los que llegan, resaltan las grandes diferencias entre países miembros de la UE para acercarse a una BBC. Destaca el primer clúster del norte con una calidad ambiental alta y una fuerte orientación hacia la educación y formación de recursos humanos calificados. Los clústeres del mar del Norte y Europa central presentan una base de conocimientos muy sólida y una gran capacidad innovadora (superior al clúster del norte en algunos casos), sus activos naturales son más escasos que en el primer clúster, pero la calidad de vida ambiental es superior a la media. Los bosques son escasos y una gran superficie de estos países se utiliza en agricultura, pero ésta no contribuye significativamente al valor añadido nacional total. El clúster del sureste está formado por los países menos desarrollados de la UE, con una actividad de innovación relativamente baja y una pequeña proporción del empleo en ciencia y tecnología, aunque con los sectores agrícolas más importantes. El medio ambiente se encuentra muy limpio en las zonas rurales y muy contaminado en las zonas urbanas.

Dadas las condiciones nacionales presentes en los países miembros de cada clúster, los autores indican que sería prudente separar geográficamente la producción de biomasa de la investigación científica y tecnológica, y crear centros de especialización en toda la UE para la construcción de un sistema europeo de innovación para la BBC. La clasificación resultante del análisis toma en cuenta las diferencias entre economías más tradicionales y orientadas a la agricultura y economías altamente innovadoras basadas en el conocimiento, pero para la creación del sistema europeo de bioeconomía se deberá tener presente las diversas condiciones naturales, como el clima, el espacio y la disponibilidad de agua, por nombrar algunas que importan cuando se trata de la producción biológica.

Para el análisis de América Latina y el resto de los países considerados en este trabajo se incluyeron las seis categorías utilizadas en el análisis de clúster de Urmetzer y Pyka (2017), sin embargo, existen diferencias significativas en las variables, como la omisión de algunas de ellas que son exclusivas para la UE, la percepción de los habitantes con respecto a las CTI, la biotecnología y sus aplicaciones en organismos genéticamente modificados, y algunas variables de política específicas del Parlamento Europeo.

Una segunda diferencia es que se utiliza una muestra más grande, 62 países, que incluye: 19 de América Latina, 27 de la UE, 12 de la OCDE, y los cinco países del grupo BRICS: Rusia, India, China, Sudáfrica y Brasil, aunque este último se contabiliza en los países de Latinoamérica. Los países analizados se detallan en el Anexo 1.

Respecto a la elección del periodo de estudio, en este caso se utilizaron los datos de 2016, por ser el año más reciente en el que se contaba con la información más completa para todos los países seleccionados.

Tabla 1. *Categorías de análisis y variables para el modelo de clúster.*

Categoría	Función	Variables	Fuente
La productividad del medio ambiente y de los recursos de la producción y el consumo	Indica la capacidad de una economía para reducir al mínimo el consumo de recursos no renovables por unidad de producto.	Emisiones de CO ₂ (toneladas métricas per cápita)	Banco mundial 2016
		La intensidad de CO ₂ (tonelada por barril de petróleo equivalente utilizado)	Banco mundial 2016
		El uso de energía (kg de equivalente de petróleo) por \$1,000 PIB	Banco mundial 2016
		Cuota de energía renovable en el consumo final bruto de energía (%)	Banco mundial 2016
		Generación de residuos (kg/per cápita)	Banco mundial 2016
		Porcentaje de reciclado de los residuos municipales	Banco mundial 2016

Tabla 1. *Continuación.*

Categoría	Función	Variables	Fuente
La base de conocimientos científicos, aplicada y público interesado	Mide el potencial de un país para hacer frente a los retos futuros en el ámbito de la bioeconomía con la ayuda de la educación en diferentes niveles.	Recursos humanos en ciencia y tecnología (% de la población activa)	Banco mundial 2016
		Investigadores de tiempo completo (por millón de habitantes)	Banco mundial 2016
		Artículos de revistas científicas y técnicas (por mil <i>cápita</i>)	Banco mundial 2016
		Población con educación terciaria (%)	Banco mundial 2016
		Población con al menos educación secundaria (%)	Banco mundial 2016
		Gasto público total en educación, todos los niveles (% del PIB)	Banco mundial 2016
Las respuestas de política y oportunidades bioeconómicas	Indican el potencial de una nación y la voluntad de innovar y proceder en términos tecnológicos e institucionales.	Índice Global de Innovación	Banco mundial 2016
		Número de patentes solicitadas por residentes	Banco mundial 2016
		Total de gastos en I+D (% del PIB)	Banco mundial 2016
		Años de la publicación de la estrategia de bioeconomía	
		Años de participación en los acuerdos internacionales ambientales seleccionados	2016 UN stats
La base de activos naturales	Mide la capacidad de una economía para gestionar la cantidad de sus activos naturales.	Recursos renovables de agua potable (m³ por habitante)	Banco mundial 2016
		Número de árboles en crecimiento (m³ por habitante)	Banco mundial 2016
		Porcentaje de cobertura de tierra agrícola (% de la superficie total)	Banco mundial 2016
		Porcentaje de cobertura de la tierra forestal (% de la superficie total)	Banco mundial 2016
		Áreas terrestres y marinas protegidas (% de la superficie territorial total)	Banco mundial 2016
		Recursos naturales no renovables (petróleo, gas, carbón, mineral) (% del PIB)	Banco mundial 2016
		Rentas de recursos naturales renovables (% del PIB)	Banco mundial 2016
La dimensión ambiental de la calidad de vida	Mide el bienestar social en términos de acceso a un medio ambiente inalterado (incluyendo el aire limpio, la naturaleza intacta, entre otros).	Población expuesta a las partículas por encima de los umbrales de la OMS (%)	Banco mundial 2016
		Población con acceso a fuentes de agua potable (%)	Banco mundial 2016
		Bosques y otras tierras boscosas <i>per cápita</i> (ha/habitante)	Banco mundial 2016

Tabla 1. *Continuación.*

Categoría	Función	Variables	Fuente
Estructura socioeconómica general	Indica el contexto socioeconómico en el que las diferentes economías actúan.	PIB <i>per cápita</i> en PPA	Banco mundial 2016
		Coefficiente Gini	Banco mundial 2016
		Población urbana (%)	Banco mundial 2016
		Tasa de empleo (% de 20-64 años de edad)	Banco mundial 2016
		El valor añadido del sector agrícola (% del PIB)	Banco mundial 2016

Fuente: elaboración propia con base en Urmetzer y Pyka (2017).

III. METODOLOGÍA

III.1. *El análisis de clúster*

El análisis de clúster es una técnica estadística multivariable que se utiliza para identificar grupos de objetos homogéneos llamados clúster. Los objetos (en este caso países) en un clúster específico comparten muchas características, pero son muy diferentes a los objetos que no pertenecen a ese clúster (Hair, Black, Babin, Anderson y Tatham, 2010).

El análisis de clúster es la forma más común de analizar automáticamente datos no supervisados (Hair *et al.*, 2010). Dado un grupo de datos, el objetivo del clúster es encontrar una agrupación significativa de los datos, categorizar a los individuos que contienen dichos datos en conjuntos (los clústeres), de modo que la similitud entre los elementos contenidos en el mismo clúster sea lo más alta posible y sea lo más diferente posible de los otros clústeres. El análisis de clúster se usa generalmente como una herramienta exploratoria para descubrir alguna estructura subyacente en los datos. Para este proceso los algoritmos de agrupamiento usan sólo la información presente en los datos para conjuntar, o más exactamente, en la representación de los datos que se les ofrecen.

En el contexto de este trabajo, la agrupación surge de los valores nacionales específicos para cada una de las variables identificadas que caracterizan a los SNI en relación con su capacidad para una transición hacia la BBC.

III.2. Planteamiento general

En el análisis de clúster los grupos a formar son desconocidos *a priori*, éste proporciona una abstracción de objetos de datos⁴ individuales a grupos (clústeres) en los que residen esos objetos de datos. Además, algunas técnicas de “agrupamiento” caracterizan cada clúster en términos de un prototipo de clúster. Estos prototipos de clúster pueden utilizarse como base para una serie de técnicas de análisis de datos o procesamiento de datos (Sánchez Carrión, 1984).

El análisis de clúster agrupa los objetos de datos basándose únicamente en la información que se encuentra en los datos que describen los objetos y sus relaciones. El ideal es que los objetos dentro de un clúster sean similares entre sí y difieran de los objetos de los otros clústeres (Sánchez Carrión, 1984). Cuanto mayor es la similitud u homogeneidad dentro de un clúster y cuanto mayor es la diferencia entre los distintos grupos, es mejor el clúster. El análisis consta de un algoritmo de clasificación que permite la obtención de una o varias particiones, de acuerdo con los criterios establecidos (Cuadras, 2007).

III.3. Medidas de distancia

Distancia euclídea

Éste es probablemente el tipo de distancia más elegido. Simplemente es la distancia geométrica en el espacio multidimensional. Se calcula como:

$$\text{Distancia } (x, y) = \{i (x_i - y_i)^2\}^{1/2}$$

Utilizar la distancia euclídea (DE) tiene ciertas ventajas. Por ejemplo, la distancia entre dos objetos no se ve afectada por la adición de nuevos objetos al análisis, que pueden ser valores atípicos. Sin embargo, la medición de la DE puede llegar a alterarse por las diferencias de escala entre las dimensiones a partir de las cuales se calcula. Es decir, si una de las dimensiones muestra una longitud medida en centímetros, y luego se convierte en milímetros (multiplicando los valores por 10), las distancias euclidianas resultantes (calculadas a partir de múltiples dimensiones) pueden ser muy afectadas y, en consecuencia, los resultados de los análisis de clúster pueden ser muy diferentes (Cuadras, 2007). Para evitar este problema, los datos originales se han estandarizado mediante la conversión de las variables a valores entre 0-1.

⁴ Un objeto de datos se define como un grupo de datos almacenados “juntos” que son instrucciones o tareas que realizará el programa. En este caso se entiende como los valores de las variables para cada uno de los países.

Medidas de similitud y distancia entre grupos

Cuando cada objeto o elemento representa su propio grupo, las distancias entre esos objetos se definen por la medida de distancia elegida. Sin embargo, una vez que varios objetos han sido vinculados entre sí, se debe determinar las distancias entre esos nuevos grupos. Es decir, se necesita una regla de vinculación para determinar cuándo dos grupos son lo suficientemente similares como para unirse entre sí o no. Existen varias posibilidades, por ejemplo, se podrían vincular dos clúster cuando dos objetos cualesquiera en los dos grupos estén más juntos que la distancia de enlace respectiva. Esto es, se utilizan los “vecinos más cercanos” de ambos clúster para determinar las distancias entre los mismos. Este método se llama enlace único. Esta regla produce clústeres “encadenados” sólo por los objetos individuales que pasan a estar juntos (Cuadras, 1996).

Alternativamente, es posible usar a dos objetos cualesquiera en los dos grupos que están más alejados entre sí; este método se denomina vinculación completa. En él, las distancias entre los clústeres se determinan por la mayor distancia entre dos objetos de los diferentes grupos (es decir, por los “vecinos más alejados”). Este método por lo general funciona muy bien en los casos en los que se busca la mayor heterogeneidad entre clúster, como en este estudio (Cuadras, 2007).

El análisis de clúster es una técnica descriptiva, no inferencial, se utiliza como una técnica exploratoria de carácter descriptivo no explicativo. Las soluciones no son únicas, dado que la pertenencia al grupo de asignación depende de múltiples elementos del procedimiento elegido. En otras palabras, éstas obedecen totalmente a las variables utilizadas, además de que la adición o eliminación de variables relevantes puede tener un impacto fundamental sobre el resultado.

IV. VALIDACIÓN

La validación de la estructura obtenida es la parte final del método clúster. En esta etapa es donde se verifica la fiabilidad de los resultados. Para validar un procedimiento clúster cuando se trabaja con métodos jerárquicos, lo más importante es confirmar en qué medida representan la estructura final obtenida, las similitudes o diferencias entre los objetos de estudio.

El coeficiente de correlación cofenético (CCC) es una medida de validez de los clústeres jerárquicos (Everitt, 1993). Se basa en la correlación entre la proximidad de dos elementos en la matriz original P y la proximidad en la que se fusionan en un solo clúster en el proceso de agrupación. La proximidad en la que dos elementos se fusionan en una agrupación por primera vez se conoce como distancia frenética, y la matriz de todas estas proximidades se llama matriz cofenética P_c

$$CCC = \frac{(\frac{1}{M}) \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N d_{ij} c_{ij} - \mu_p \mu_c}{(\frac{1}{M}) \sqrt{(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N d_{ij}^2 - \mu_p^2) (\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N c_{ij}^2 - \mu_c^2)}} \quad (1)$$

Aquí d_{ij} y c_{ij} denotan el elemento (i,j) de la matriz de proximidad P y de la matriz cofenética P_c respectivamente, y μ indica los valores medios para cada matriz definida como sigue: p y c .

Aunque un valor de 1.0 significa que la concordancia (como relación lineal) entre los datos matriciales es perfecta, usualmente la probabilidad de que la relación sea totalmente lineal es muy baja. Romesburg (1984) sugiere entonces que una correlación de 0.8 o más indica que al repetir el ejercicio de asignación de clústeres no variará mucho la estructura original en los datos. Sin embargo, el coeficiente de correlación cofenética no es siempre una medida muy confiable de la distorsión debido a un modelo jerárquico (Romesburg, 1984; Everitt, 1993).

V. CARACTERÍSTICAS DE AMÉRICA LATINA PARA ADOPTAR LA BBC

A continuación, se presentan los resultados del modelo para una muestra general de 62 países, de los cuales 19 son latinoamericanos.

Lundvall y Tomlinson (2000) señalan que para realizar una comparación entre diferentes SNI, debe considerarse la complejidad del concepto, los agentes y las actividades que realizan. Los autores mencionan que dicha evaluación no debe enfocarse simplemente en la comparación de datos cuantitativos, sino en qué tan eficiente es un SNI para lograr el objetivo de impulsar la creación de CTI. Los resultados de una clasificación como la que se realiza en este documento conlleva a la reflexión y análisis de la situación en el ámbito de la ciencia, de los países analizados, principalmente para el caso de América Latina. Por lo tanto, el análisis cuantitativo estará restringido al uso de variables que expresan de una u otra forma la dinámica y el contenido de los SNI de los países y la comparación de datos se realizará sólo entre países que pertenecen a un mismo clúster (estructuralmente similares); asimismo, se mostrarán las diferencias entre grupos a partir de valores de variables que señalan específicamente las capacidades de un sistema de innovación que quiere transitar hacia la bioeconomía, por ejemplo, emisión de CO_2 *per cápita*, investigadores en I+D, patentes o *stock* de activos naturales, etcétera.

V.1. Resultados

El modelo aquí aplicado se asemeja a uno que ya fue probado en países de la UE, los cuales poseen características similares entre sí y con los países de la OCDE. En este caso se conservaron las categorías y se adecuaron algunas variables para una mejor comprensión de lo que requiere un modelo orientado hacia la bioeconomía dentro de los contextos que se viven en los países de América Latina.

El análisis de los resultados se realiza en dos niveles: el primero desde una visión general que explica la posición que ocupan los SNI de los países latinoamericanos en el contexto internacional, considerando las seis categorías del modelo de Urmetzer y Pyka (2017) y aplicando 32 variables a una muestra de 62 naciones. Esto permite identificar de manera más precisa las características que determinan la proximidad hacia la BBC entre los países de esta región y otros que forman parte de la OCDE, la UE y los BRICS. Un segundo nivel es el análisis de los países desde cada una de las seis categorías que se consideraron en el modelo, lo cual resulta en una composición diferente de los clústeres que permite observar el mayor peso que tienen ciertas variables en los diferentes países y que se vuelven preponderantes para las condiciones de la BBC.

Los clústeres que surgen del análisis global se enumeran del uno al cuatro, el orden del clúster lo asigna de forma automática el *software* sin establecer un criterio de jerarquización, y se muestran en el anexo.

A) Análisis general

Al calcular la distancia de las variables en la muestra general, se identificaron cuatro grupos de países con diferencias entre sí y con estructuras similares en el interior de cada uno de ellos. La distribución de países que integran cada clúster puede observarse en la tabla 2.

Tabla 2. *Distribución de países por clúster en el análisis general*

Clúster 1			Clúster 2	
Argentina	Belice	Bolivia		
Brasil	Chile	China	Australia	Canadá
Chipre	Colombia	Cuba	España	Estados Unidos
Ecuador	El Salvador	Guatemala	Estonia	Finlandia
Honduras	India	Malta	Islandia	Japón
México	Nicaragua	Panamá	Noruega	Nueva Zelanda
Paraguay	Perú	Sudáfrica	Portugal	Suecia
Turquía	Venezuela			
Clúster 3			Clúster 4	
Alemania	Austria	Bélgica		
Bulgaria	Costa Rica	Croacia		
Eslovenia	Francia	Grecia	Corea	Dinamarca
Holanda	Hungría	Irlanda	Israel	
Italia	Latvia	Lituania		
Luxemburgo	Polonia	Reino Unido		
República Checa	Rumania	República Eslovaca		
Rusia	Suiza	Uruguay		

Fuente: elaboración propia.

Clúster 1: agrupa 23 países, 17 de ellos latinoamericanos; este clúster cuenta con los sectores agrícolas más grandes, una actividad de innovación relativamente baja y una pequeña proporción del empleo en ciencia y tecnología. Los gobiernos están menos dedicados a la educación y la capacitación en actividades de CTI. Sin embargo, debido a los ingresos per cápita relativamente bajos y la correlación con las actividades económicas, sus emisiones totales de CO₂ *per cápita* también son reducidas.

Clúster 2: agrupa 12 países, los miembros de este clúster tienen un enfoque muy fuerte en educación y capacitación con una sólida base de conocimiento. Se encuentran entre los países más innovadores de la muestra y cuentan con una gran cantidad de activos naturales. Sin embargo, el sector agrícola, la silvicultura, la caza y la pesca no contribuyen al valor agregado de forma significativa, ya que otros recursos naturales como el petróleo o la minería son más importantes.

Clúster 3: comprende 24 países, dos de ellos de América Latina; estos países presentan una fuerte base de conocimiento, ya que son los países de toda la muestra

con mayores valores en educación. Se encuentran entre los países más innovadores de la UE y la OCDE, sin embargo, su productividad en la utilización de sus recursos naturales es relativamente baja, tienen una alta eficiencia energética y se han hecho esfuerzos significativos en el uso de fuentes de energía alternativa.

Clúster 4: integrado por tres países, con una base de conocimientos sólida y una importante capacidad de innovación, son de los más altos de la muestra. Sus activos naturales son más escasos que los de los clústeres 1 y 2, pero la calidad de vida ambiental está por encima de la media.

B) Análisis por categorías

El siguiente nivel de análisis se hace por categoría, derivando nuevamente en cuatro clústeres para cada una de ellas. Los resultados arrojan que la distribución de los clústeres por categoría se presenta de manera diferente a la agrupación que resultó del análisis general basado en las 32 variables.

Categoría 1. Productividad ambiental y de los recursos naturales

Esta categoría considera seis variables⁵ que, en el marco de la definición de la BBC, mide el impacto energético así como las acciones favorables mediante el uso de alternativas energéticas y de reciclaje.

Clúster 1.1: incluye 36 países. Todos los miembros de este clúster producen una cantidad relativamente alta de emisiones de CO₂ y son altamente dependientes de la energía fósil, por tanto, son más contaminantes. Pese a ello, también sobresalen en el uso de energía renovable, en el consumo final bruto de energía, pero con una productividad baja.

Clúster 1.2: formado por 12 países que, a pesar de que cuentan con energías alternativas, también dependen mucho de combustibles fósiles; siguen siendo menos eficientes en el uso de la energía en comparación con el grupo anterior. Poseen buena cantidad de recursos y sus emisiones de CO₂ son las más altas de los cuatro clústeres registrados.

⁵ Emisiones de CO₂ (toneladas métricas *per cápita*); la intensidad de CO₂ (tonelada por barril de petróleo equivalente utilizado); el uso de energía (kg de equivalente de petróleo) por \$1,000 PIB; cuota de energía renovable en el consumo final bruto de energía (%); generación de residuos (kg *per cápita*), y porcentaje de reciclado de los residuos municipales.

Clúster 1.3: Belice queda como un clúster de un solo país. Produce una gran cantidad de emisiones de CO₂, tiene baja productividad en cuanto a recursos, el uso de energías renovables es muy bajo y, en general, es ineficiente en energía, pero genera una baja cantidad de residuos *per cápita*.

Clúster 1.4: integrado por 13 países que, en promedio, producen menos CO₂ y menos residuos que la media de la muestra; tienen una baja tasa de recursos naturales (a excepción de Suecia y Noruega), de hecho son poco dependientes de éstos, aunque sí, en su mayoría, de recursos fósiles.

Categoría 2. Políticas y oportunidades bioeconómicas

Esta categoría considera cinco variables⁶ orientadas a definir el impulso a la innovación y a la I+D en general.

Clúster 2.1: este grupo está integrado por 39 países, incluye a la mayoría de los países de América Latina y Europa del Este, además de los Estados Unidos. Estos países son poco innovadores, Estados Unidos es la excepción; no ocupan un lugar destacado en las patentes biotecnológicas, no suelen firmar los acuerdos internacionales sobre medio ambiente en el mismo año de su publicación. Solamente los países de la UE y la OCDE que forman parte de este grupo cuentan con estrategias de bioeconomía.

Clúster 2.2: formado por 18 países de la OCDE y la UE que cuentan con el mayor número de patentes y ocupan posiciones altas en el índice de innovación (los países de Europa del Este son los más bajos). También invierten más en investigación y desarrollo (I+D), todos cuentan con estrategia de bioeconomía y suelen firmar todos los acuerdos internacionales relacionados con el medio ambiente de inmediato.

Clúster 2.3: lo forman cuatro países escandinavos. Invierten bastante en I+D, tienen un alto nivel de patentamiento y posiciones altas en el índice de innovación, son comparables en la mayoría de sus variables con el clúster 2.2, pero fundamentalmente difieren en el tema de los acuerdos internacionales, ya que no han firmado algunos de ellos.

⁶ Índice Global de Innovación; número de patentes solicitadas por residentes; total de gastos en I+D (% del PIB); años desde la publicación de la estrategia de bioeconomía, y años de participación en los acuerdos internacionales ambientales seleccionados.

Clúster 2.4: Japón queda como un clúster aparte que se distingue de los anteriores en los acuerdos internacionales, pues tarda mucho tiempo en firmarlos, o bien, no los apoya, como es el caso de aquellos encaminados a la protección de la vida marina.

Categoría 3. Medio ambiente y calidad de vida

Esta categoría incluye tres variables⁷ que describen el bienestar de las personas considerando la calidad y el acceso a los recursos, como aire, agua y biota, en los diferentes países.

Clúster 3.1: está integrado por 30 países que presentan mayores porcentajes de población expuesta a niveles de contaminación, particularmente en aquellos menos desarrollados; en este grupo se registra un menor porcentaje de población con acceso a agua potable y menos proporción de bosques *per cápita*.

Clúster 3.2: integrado por ocho países, presenta la menor proporción de población expuesta a contaminación atmosférica y ofrece a su población acceso a una cantidad suficiente de agua potable, además, muestra la mayor proporción de bosque de la muestra.

Clúster 3.3: integrado por 21 países que proporcionan agua potable a la mayor parte de su población; no obstante, se distinguen por estar altamente contaminados con partículas de materia en el aire, así que sus poblaciones están en mayor medida expuestas a ellas. Asimismo, tienen valores medios en cantidad de bosques *per cápita*.

Clúster 3.4: Estonia, Finlandia y Suecia son los tres países que conforman este grupo. Se trata de un clúster aparte con el menor deterioro ambiental, cuya población disfruta de un medio ambiente relativamente intacto y de acceso a fuentes de agua potable.

⁷ Población expuesta a las partículas por encima de los umbrales de la OMS (%); población con acceso a fuentes de agua potable (%), y bosques y otras tierras boscosas *per cápita* (ha/habitante).

Categoría 4. Base de conocimientos y recursos humanos

En esta categoría se incorporan al análisis seis variables⁸ que valoran la base de conocimiento en los países, sustentada en los niveles de educación y los recursos humanos con perfil y producción científicos.

Clúster 4.1: integrado por 22 países que se caracterizan por presentar un número relativamente reducido de publicaciones científicas, así como niveles medios de educación y de investigadores de tiempo completo. No obstante, son, también, relativamente eficaces en cuanto a producción y apoyo de conocimientos.

Clúster 4.2: formado por 18 países con sistemas eficaces de producción de artículos académicos y apoyo de conocimientos, con un nivel medio de educación y una proporción relativamente alta de empleo en ciencia y tecnología.

Clúster 4.3: constituido por 21 países que presentan un número reducido de publicaciones científicas, sin una base de conocimiento sólida dada la menor proporción de empleo en ciencia y tecnología en comparación con los clústeres anteriores, y un nivel de educación medio. Sólo Luxemburgo tiene valores similares a la media de la muestra.

Clúster 4.4: Canadá quedó como un clúster individual muy similar al clúster 2, pero con un nivel de educación superior.

Categoría 5. Base de activos naturales

La categoría de base de activos naturales incorpora siete variables⁹ que dan cuenta de la cantidad de recursos naturales y biomasa existente en los países, así como de su aportación al PIB.

⁸ Recursos humanos en ciencia y tecnología (% de la población activa); investigadores tiempo completo (por millón de habitantes); artículos de revistas científicas y técnicas (por mil *cápita*); población con educación terciaria (%); población con al menos alcanzar la educación secundaria (%), y gasto público total en educación, todos los niveles (% del PIB).

⁹ Recursos renovables de agua potable (m3 por habitante); número de árboles en crecimiento (m3 por habitante); porcentaje de cobertura de tierra agrícola (% de la superficie total); porcentaje de cobertura de la tierra forestal (% de la superficie total); áreas terrestres y marinas protegidas (% de la superficie territorial total); recursos naturales no renovables (petróleo, gas, carbón, mineral) (% del PIB), y rentas de recursos naturales renovables (% del PIB).

Clúster 5.1: integrado por 36 países, este grupo tiene en promedio la mayor cantidad de recursos forestales y una riqueza ligeramente superior al promedio en minerales no renovables, excepto Uruguay; también comprende los países con la mayor proporción de tierras agrícolas y cuenta con muy pocas áreas protegidas.

Clúster 5.2: incluye diez países, los cuales ocupan una posición media en lo agrícola y en la riqueza mineral (excepto Grecia), y presentan una proporción superior a la media de áreas protegidas.

Clúster 5.3: formado por cuatro países que son poco competitivos en minerales no renovables, pero cuentan con abundantes recursos hídricos, cubierta forestal y mejores condiciones para la agricultura, con áreas protegidas por arriba de la media.

Clúster 5.4: conformado por 12 países, cuya riqueza en minerales no renovables es ligeramente mayor, pero poseen la menor cantidad de tierra agrícola y muy pocas áreas protegidas y recursos forestales.

Categoría 6. Contexto socioeconómico

Esta categoría analiza cinco variables¹⁰ para medir el nivel económico de la población y la aportación del sector agrícola, como principal proveedor de biomasa, al PIB.

Clúster 6.1: integrado por 21 países con un PIB inferior a la media, una desigualdad media en la distribución del ingreso, una contribución relativamente alta del sector agrícola al PIB total, y la población urbana es inferior a la media.

Clúster 6.2: formado por 12 países muy ricos (el PIB de Luxemburgo es el número uno de la UE y la OCDE), albergan una población mayoritariamente urbana, preocupada por el medio ambiente, con una elevada tasa de empleo y de equidad en los ingresos, y una contribución relativamente pequeña del sector agrícola al PIB total.

Clúster 6.3: incluye 14 países con valores ligeramente inferiores en el PIB en comparación con el clúster 6.2, a excepción de Alemania e Irlanda; no obstante, están por encima de la media para todas las variables.

¹⁰ PIB *per cápita* en PPA; coeficiente Gini; población urbana (%); tasa de empleo (% de 20-64 años de edad), y el valor añadido del sector agrícola (% del PIB).

Clúster 6.4: lo integran 15 países con una elevada población rural y valores por debajo de la media, a excepción del PIB de Brasil.

Validación del análisis de clúster

Los resultados del coeficiente de correlación cofenética (CCC) que se muestran en la tabla 3 indican que, de los clústeres presentados, el análisis general, el de base de conocimientos y el de base de activos naturales registran valores del coeficiente ligeramente menores al 0.8 que Romesburg (1984) considera como ideal, pero aun así pueden reconocerse dichos clústeres como estables y confiables al estar cercanos al coeficiente señalado. El resto de los resultados del CCC están arriba del 0.8 indicado, por lo que también se consideran confiables.

Tabla 3. *Validación del análisis de clúster.*

Categoría	X	n	Coeficiente de correlación cofenética
General	62	32	0.7707
La productividad del medio ambiente y de los recursos de la producción y el consumo	62	6	0.8601
La base de conocimientos científicos, aplicada y público interesado	62	6	0.7803
Las respuestas de política y oportunidades bioeconómicas	62	5	0.8456
La base de activos naturales	62	7	0.7985
La dimensión ambiental de la calidad de vida	62	3	0.8322
Estructura socioeconómica general	62	5	0.8653

V.2. Una reflexión para América Latina

Los países de América Latina muestran una serie de características coincidentes que se reflejan en el análisis de clúster, con excepciones claras para Argentina, Brasil, México y eventualmente Colombia en algunas variables. Esta región cuenta con un *stock* importante de recursos naturales, minerales, grandes superficies de bosques y extensas áreas destinadas a las actividades agropecuarias, por lo que este sector aporta de manera importante al PIB. Sin embargo, posee muy pocas áreas protegidas y depende en gran medida de los combustibles fósiles, sus inversiones en energías renovables son limitadas y su eficiencia energética es baja. Su PIB es reducido y la distribución de ingreso, muy inequitativa, además, la población urbana es inferior a la media de los países de la muestra, presenta un alto porcentaje de población expuesta a la contaminación, en menor medida en Centroamérica y, en general, con carencias de agua.

La actividad innovativa es relativamente baja, en tanto que los recursos humanos en el campo científico son limitados (en varios países se observa una dinámica interesante en formación), hay pocas patentes biotecnológicas y pocas publicaciones científicas; algo relevante es el bajo nivel educativo y el poco interés de la mayor parte de la ciudadanía en el cuidado del medio ambiente. Lo anterior se explica por la poca inversión pública y privada en ciencia, tecnología e innovación (CTI) y por los gobiernos poco interesados en educar y capacitar para la ciencia, en comprometerse en acuerdos internacionales para el cuidado del medio ambiente y mucho menos en impulsar acciones para la bioeconomía.

Esta caracterización deja en claro una serie de retos para los países de la región latinoamericana, ya que si bien es cierto que existe una base de activos naturales importantes y una tradición productiva ligada a la naturaleza, hace falta generar un contexto socioeconómico más equitativo que facilite la construcción de una base sólida de conocimiento científico, donde las iniciativas de bioeconomía ya no sean casos aislados en los países, y en ello el papel de los gobiernos para impulsar y comprometer a los sectores sociales y privados es clave.

CONCLUSIONES

La transición hacia la bioeconomía es un asunto impostergable por el riesgo que representa para el mundo y para el sistema económico depender de los combustibles fósiles y, en general, de los recursos naturales no renovables, ya que ello se aleja claramente de la sustentabilidad. Si se impulsa la bioeconomía y se adopta en la mayoría de los países, se podría reducir el impacto ambiental de forma significativa y contribuir positivamente a un crecimiento económico, social y sustentable.

Sin embargo, el proceso de adopción es impreciso y difícil de predecir, ya que depende de factores como: a) el progreso de la ciencia y la tecnología, b) la escasez y/o disponibilidad de recursos naturales, c) y la infraestructura necesaria para la transformación de la biomasa. Aun cuando los tres factores anteriores ofrecieran condiciones muy favorables, el alto grado de cambio estructural necesario en distintos niveles dificultaría la plena adopción de la BBC.

El objetivo de este trabajo fue, mediante una serie de variables, identificar las características de los países de América Latina para transitar hacia una BBC. Se analizaron 62 países, 19 de ellos de la región, en un estudio comparativo con otros países en desarrollo y desarrollados, como los países de la OCDE y la UE, principales impulsores de la BBC. El análisis de clúster jerárquico multivariante fue la herramienta que permitió detectar similitudes y diferencias a partir de la consideración de seis categorías y 32 variables que describen la dinámica de los SNI en los países de América Latina.

Se identificaron patrones semejantes en los SNI que permiten un mayor entendimiento y una mejor comparación de los resultados. Asimismo, las diferencias señalan la dependencia de las condiciones geográficas, históricas, estructurales, políticas y culturales, las cuales, en muchos casos, pueden obstaculizar la transición hacia la BBC.

Los resultados que arroja el modelo al considerar a los 62 países constatan que son los países del norte de la UE los que encabezan las condiciones actuales más favorables para la transición, ya que en ellos existen mejores condiciones socioeconómicas, cuentan con mayores capacidades y recursos, y formulan y aplican políticas claras orientadas hacia la BBC.

Un hallazgo interesante es que la mayoría de los países de Latinoamérica no se ven totalmente rezagados, por el contrario, muestran un potencial relativamente bueno, el cual resulta de ciertas capacidades científicas y avances en innovación que se pueden potencializar en la medida en que se generen políticas que privilegien los incentivos para la BBC.

Este ejercicio, que presenta una primera fotografía de la posición que ocupan los países latinoamericanos en cuanto a capacidades científicas, de innovación y de impulso hacia una nueva estrategia para el crecimiento económico, revela importantes diferencias y la necesidad de profundizar en el estudio particular de países específicos, para la definición de acciones concretas. Las grandes diferencias que existen entre Latinoamérica y los países de la OCDE y la UE evidencian que se requiere de una política decidida que supere las posturas nacionalistas e impulse una visión supranacional a fin de evitar que la mayoría de los países se centren en la producción de la biomasa y dejen de lado la investigación para la producción de diversos campos de refinamiento o la creación de centros de I+D especializados.

Es fundamental que se fortalezcan los SNI a fin de que la región se inserte en etapas avanzadas de la cadena de valor de los distintos desarrollos biotecnológicos, y así evitar una dependencia del conocimiento producido en los países desarrollados.

A nivel global, la BBC traerá un aumento de los productores de biomasa, que si bien deberían esperar algunos beneficios económicos y sociales, éstos no necesariamente se obtendrán a menos que las dotaciones disponibles de recursos naturales vayan acompañadas de desarrollos de tecnologías e instituciones adecuadas con y de recursos humanos locales. Si esto es posible, el equilibrio de las ventajas de la transición a la BBC se inclinará más hacia los diseñadores, productores y proveedores de conocimiento que hacia los proveedores y/o transformadores de biomasa. En los países con un nivel muy bajo de desarrollo económico (como varios de América Latina), esto podría llevar a un tipo diferente de “tragedia de los comunes”. Incluso entre los países con un nivel relativamente

alto de desarrollo económico, como México, Brasil y Argentina, podría haber posibles reorganizaciones en función de su distancia entre las fronteras científicas y tecnológicas. De no establecerse una política científica de impulso hacia la BBC, se corre el riesgo de continuar en una senda de dependencia tecnológica y económica entre las economías más tradicionales y de orientación agrícola y las economías basadas en el conocimiento altamente innovador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Comisión Económica para América Latina (Cepal) (2011), *Análisis comparativo de patentes en la cadena de producción de biocombustibles entre América Latina y el resto del mundo. Diálogo de Políticas sobre Desarrollo Institucional e Innovación en Biocombustibles en América Latina y el Caribe*, Cepal, Santiago de Chile, Chile.
- Cuadras, Carles M. (1996), *Métodos de análisis multivariante*, Editorial Universitaria de Barcelona, España.
- (2007), *Nuevos métodos de análisis multivariante*. CMC Editions, Barcelona.
- Eposti, Roberto (2012), “Knowledge, Technology and Innovations for a Bio-based Economy: Lessons from the Past, Challenges for the Future”, *Bio-based and Applied Economics Journal*, 1 (3), pp. 235-268.
- European Commission (2012), *Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe*, Brussels: Publications Office of the European Union. Disponible en: https://www.ecsite.eu/sites/default/files/201202_innovating_sustainable_growth_en.pdf
- (2013), *Bio-based industries, towards a public-private partnership under Horizon 2020?*, Publications Office of the European Union, Bruselas.
- European Union Presidency (2007), *En Route to the Knowledge-Based Bio-Economy*, Cologne Summit of the German Presidency, Cologne.
- Everitt, Brian (1993), *Cluster Analysis*, 3rd ed., Edward Arnold, London.
- FAO (2016), *FAOstat*. Recuperado el 10 de octubre de 2016, de Agriculture Organization of the United Nations. Statistical database: <http://faostat.fao.org/>
- Freeman, Chris (2002), “Continental, national and sub-national innovation systems—complementarity and economic growth”, *Research Policy*, (31), pp.191-211.
- Hair, Joseph; Black, William; Babin, Barry; Anderson, Rolph y Tatham, R. (2010), *Multivariate Data Analysis. A Global Perspective*, Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- Lundball, Bengt-ake (1992), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter Publishers, London.

- Lundvall, Bengt-åke y Tomlinson, Mark, (2000), "On the convergence and divergence of national systems of innovation", *Research Policy on Innovation Systems*, 2-33, obtenido de [www. business. auc. dk/ike/upcoming/Lundvall-NSI. pdf](http://www.business.auc.dk/ike/upcoming/Lundvall-NSI.pdf)
- OCDE (2009), *The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda*, OECD, París, Francia.
- Patel, Parimal y Pavitt, Keith (1994), "National innovation systems: why they are important, and how they might be measured and compared", *Economics of Innovation and New Technology*, 3 (1), pp. 77-95.
- Pengue, Walter Alberto (2001), "Expansión de la soja en Argentina. Globalización, Desarrollo Agropecuario e Ingeniería Genética: Un modelo para armar", *Revista Biodiversidad, Sustento y Culturas* (29), pp.1-27.
- PNUMA (2010), PNUMA *anuario 2010: avances y progresos científicos en nuestro cambiante medio ambiente*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi, Kenya.
- Rodrigues, R. A., y Accarini, J. H. (2007), "Programa brasileiro de biodiesel", en C. Amorim, *Biocombustíveis no Brasil. Realidades e Perspectivas*, pp. 158-181. Brasilia.
- Romesburg, H. Charles (1984), *Cluster Analysis for Researchers*, Belmont, CA.: Lifetime Learning Publications, Belmont, California.
- Sacramento, Julio César; Romero, G.; Cortés, E.; Pech, E. y Blanco, S. (2010), "Diagnóstico del desarrollo de biorrefinerías en México", *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 9 (3), pp. 261-283.
- SAGPyA e IICA. (2006), *Perspectivas de los biocombustibles en la Argentina y en Brasil*, IICA, Buenos Aires.
- Sánchez, Juan Javier (1984), *Introducción a las técnicas de análisis multivariable aplicadas a las ciencias sociales*, Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid.
- Staffas, Louise; Gustavsson, Mathias y McCormick, Kes (2013), "Strategies and Policies for the Bioeconomy and Bio-Based Economy: An Analysis of Official National Approaches", *Sustainability*, 5 (6), pp. 2751-2769.
- Stubrin, Lilia (2012), *Biotecnología en la provincia de Santa Fe: el sector científico técnico*, Cepal, Chile.
- Urmetzer, Sophie y Pyka, Andreas (2017), "Varieties of Knowledge-Based Bioeconomies", en Dabbert, Stephan; Lewandowski, Iris; Weiss, Jochen y Pyka, Andreas (eds.), *Knowledge-Driven Developments in the Bioeconomy*, pp. 57-82, Springer, Cham.

ANEXO

Tabla 4. *Clústeres resultantes de la muestra.*

Caso	Región o grupo	Clúster general	Productividad Amb. y Rec. Nat	Política y oportunidades económicas	Medio ambiente y calidad de vida	Base de conocimientos y recursos humanos	Base de recursos naturales	Contexto socioeconómico
Argentina	AL	1	1	1	1	1	1	1
Belice	AL	1	3	1	3	3	1	4
Bolivia	AL	1	1	1	1	3	4	4
Brasil	AL	1	1	1	3	1	1	4
Chile	AL	1	1	1	1	3	4	1
China	BRICS	1	2	1	1	1	1	1
Chipre	UE	1	1	1	1	1	4	3
Colombia	AL	1	1	1	1	3	1	4
Cuba	AL	1	1	1	1	3	1	4
Ecuador	AL	1	1	1	1	3	1	4
El Salvador	AL	1	4	1	1	3	1	4
Guatemala	AL	1	4	1	1	3	1	4
Honduras	AL	1	4	1	1	3	4	4
India	BRICS	1	1	1	1	1	1	4
Malta	UE	1	1	1	1	1	1	1
México	AL	1	1	1	1	3	1	1
Nicaragua	AL	1	4	1	1	3	3	4
Panamá	AL	1	4	1	3	3	1	4
Paraguay	AL	1	4	1	1	3	1	4
Perú	AL	1	4	1	1	3	4	4
Sudáfrica	BRICS	1	2	1	1	3	1	4
Turquía	OCDE	1	1	1	1	1	1	1
Venezuela	AL	1	2	1	1	3	4	1
Australia	OCDE	2	2	2	2	2	2	2
Canadá	OCDE	2	1	2	2	4	1	2
España	UE	2	1	2	2	1	1	3
EU	OCDE	2	2	1	3	2	2	2
Estonia	UE	2	2	1	4	1	4	3
Finlandia	UE	2	1	3	4	2	1	2
Islandia	OCDE	2	4	3	2	2	1	2
Japón	OCDE	2	1	4	3	2	1	3

Tabla 1. *Continuación.*

Caso	Región o grupo	Clúster general	Productividad Amb. y Rec. Nat	Política y oportunidades económicas	Medio ambiente y calidad de vida	Base de conocimientos y recursos humanos	Base de recursos naturales	Contexto socioeconómico
Noruega	OCDE	2	4	2	2	2	1	2
Nueva Zelanda	OCDE	2	1	2	2	2	2	3
Portugal	UE	2	1	2	2	1	1	1
Suecia	UE	2	4	3	4	2	1	2
Alemania	UE	3	1	2	3	2	2	3
Austria	UE	3	1	2	3	2	1	3
Bélgica	UE	3	1	2	1	2	3	3
Bulgaria	UE	3	2	1	3	3	1	1
Costa Rica	AL	3	4	1	3	3	1	1
Croacia	UE	3	1	1	3	1	4	1
Eslovenia	UE	3	1	2	3	1	3	3
Francia	UE	3	1	2	3	2	2	3
Grecia	UE	3	1	1	3	1	2	1
Holanda	UE	3	1	2	1	2	2	2
Hungría	UE	3	1	1	1	1	1	1
Irlanda	UE	3	1	1	2	1	2	3
Italia	UE	3	1	1	3	1	1	3
Letonia	UE	3	1	1	3	1	4	1
Lituania	UE	3	1	1	1	1	4	1
Luxemburgo	UE	3	1	2	1	3	3	2
Polonia	UE	3	2	1	1	1	1	1
Reino Unido	UE	3	1	2	1	2	2	3
República Checa	UE	3	2	2	3	1	1	3
República de Eslovaquia	OCDE	3	1	1	3	1	1	1
Rumania	UE	3	1	1	1	3	1	1
Rusia	BRICS	3	2	1	3	2	4	1
Suiza	OCDE	3	4	2	3	2	1	2
Uruguay	AL	3	4	1	1	3	1	1
Corea	OCDE	4	2	2	3	2	1	1
Dinamarca	UE	4	1	3	3	2	2	2
Israel	OCDE	4	2	2	1	1	1	3

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del análisis realizado.