

# ANÁLISIS DE LA VENTAJA COMPARATIVA EN LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE BIOCOMBUSTIBLES

MIRIAM EDITH PÉREZ-ROMERO<sup>1,2\*</sup>, JORGE ALBERTO AZUARA-JIMÉNEZ<sup>3</sup>, DONAJI JIMÉNEZ-ISLAS<sup>4</sup>,  
IGNACIO VENTURA-CRUZ<sup>5</sup>, MARTHA BEATRIZ FLORES-ROMERO<sup>6</sup>

<sup>1</sup>DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL, INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUICHAPAN; EL SAUCILLO HUICHAPAN S/N, 42411 HIDALGO, MÉXICO; [MEPEREZ@ITESHU.EDU.MX](mailto:MEPEREZ@ITESHU.EDU.MX)  [HTTPS://ORCID.ORG/0000-0003-1450-9644](https://orcid.org/0000-0003-1450-9644)

<sup>2</sup>FACULTAD DE CONTADURÍA Y CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO; GRAL. FRANCISCO MÚGICA S/N, 58030 MORELIA MICHOACÁN, MÉXICO; [MIROMERO@UMICH.MX](mailto:MIROMERO@UMICH.MX)

<sup>3</sup>DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES, INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUICHAPAN; EL SAUCILLO HUICHAPAN S/N, 42411 HIDALGO, MÉXICO; [IAZUARA@ITESHU.EDU.MX](mailto:IAZUARA@ITESHU.EDU.MX)  [HTTPS://ORCID.ORG/0000-0003-1181-8572](https://orcid.org/0000-0003-1181-8572)

<sup>4</sup>DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES, INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUICHAPAN; EL SAUCILLO HUICHAPAN S/N, 42411 HIDALGO, MÉXICO; [DJIMENEZ@ITESHU.EDU.MX](mailto:DJIMENEZ@ITESHU.EDU.MX)  [HTTPS://ORCID.ORG/0000-0001-8227-2525](https://orcid.org/0000-0001-8227-2525)

<sup>5</sup>DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA, INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUICHAPAN; EL SAUCILLO HUICHAPAN S/N, 42411 HIDALGO, MÉXICO; [IVENTURA@ITESHU.EDU.MX](mailto:IVENTURA@ITESHU.EDU.MX)  [HTTPS://ORCID.ORG/0000-0002-3634-760X](https://orcid.org/0000-0002-3634-760X)

<sup>6</sup>FACULTAD DE CONTADURÍA Y CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO; GRAL. FRANCISCO MÚGICA S/N, 58030 MORELIA MICHOACÁN, MÉXICO; [BETYF@UMICH.MX](mailto:BETYF@UMICH.MX)  [HTTPS://ORCID.ORG/0000-0003-4567-5485](https://orcid.org/0000-0003-4567-5485)

**Citación:** Pérez-Romero, M. E., Azuara-Jiménez, J. A.; Jiménez-Islas, D., Ventura-Cruz, I. & Flores-Romero, M. B. (2022). Análisis de la ventaja comparativa en la producción de biocombustibles a nivel mundial. *Inquietud Empresarial*, 22(2), 55-70. <https://doi.org/10.19053/01211048.13862>

Editor: Blanco-Mesa, Fabio

Recibido: 29/12/2021

Aceptado: 21/07/2022

Publicado: 01/12/2022

Códigos JEL: Q42, E23

Tipo de artículo: Investigación

\*AUTOR CORRESPONSAL

**Resumen:** la necesidad de energía de la población ha originado con el paso de los años problemas de contaminación ambiental asociados al uso de combustibles de origen fósil. La bioenergía es una alternativa que diversos países han propuesto para disminuir el volumen de gases contaminantes a la atmósfera; el biodiésel y bioetanol son los que presentan mayores ventajas comerciales en el mundo, aparte de que son necesarios para el cumplimiento de acuerdos internacionales en materia ambiental. El presente trabajo se enfoca en analizar la ventaja comparativa en 56 países respecto a la producción de biodiésel y bioetanol, para lo cual se utilizó el índice de la ventaja comparativa revelada (VCR) y el índice de la ventaja comparativa revelada normalizada (VCRN). Los resultados muestran que para la producción de biodiésel los países con mayor ventaja son España, Argentina, Brasil, Indonesia y la Unión Europea (conjunto de 28 países), mientras que en la producción de bioetanol sobresalen Colombia, Estados Unidos, Argentina, Brasil y la Unión Europea.

**Palabras clave:** bioenergía, competitividad, ventaja comparativa revelada, ventaja comparativa revelada normalizada.



# ANALYSIS OF THE COMPARATIVE ADVANTAGE IN WORLD BIOFUEL PRODUCTION

**Abstract:** over the years, the population's need for energy has caused environmental pollution problems associated with the use of fossil fuels. Bioenergy is an alternative which various countries have proposed to reduce the volume of polluting gases into the atmosphere, with biodiésel and bioethanol being the ones that present the greatest commercial advantages worldwide, in addition to the fact that they are necessary for compliance with international agreements on environmental matters. This work focuses on analyzing the comparative advantage in 56 countries with respect to the production of biodiésel and bioethanol, for which the Revealed Comparative Advantage (VCR) and the Normalized Revealed Comparative Advantage (VCRN) index were used. The results show that to produce biodiésel, the countries with the greatest advantage are Spain, Argentina, Brazil, Indonesia and the European Union (a group of 28 countries), meanwhile for the production of bioethanol, Colombia, the United States, Argentina, Brazil and the European Union are the ones with the greatest advantages.

**Keywords:** bioenergy, competitiveness, revealed comparative advantage, normalized revealed comparative advantage.

## INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento de la población y la búsqueda de confort, la sociedad cada vez demanda más energía que en su mayoría es de origen fósil, lo que ha provocado sobreexplotación de los recursos no renovables y problemas de contaminación asociados a la extracción, refinación, el transporte y uso de este tipo de combustibles, originando la necesidad de exploración y producción de nuevas fuentes de energía renovable como la bioenergía.

Los biocombustibles provienen de la biomasa y son considerados sustitutos de los combustibles de origen fósil debido a que su balance de CO<sub>2</sub> es cero (Hu et al., 2017; Sun et al., 2018). Las materias primas utilizadas para la generación de biocombustibles son aceites vegetales y azúcares disponibles de diversas industrias como la azucarera, aceitera y del papel (Pereda, 2018), además de las obtenidas en negocios y hogares en los que se tiene disponibilidad de lignina, celulosa o hemicelulosa; todo ello con el objetivo de producir biocombustibles amigables con el medio ambiente (Chávez Altamirano et al., 2021; Llenque-Díaz et al., 2020).

China, Estados Unidos de América, Brasil y Europa representaron una parte significativa de las acciones globales enfocadas al desarrollo y uso de biocombustibles (Barr et al., 2021). El biodiésel, bioetanol y biometanol han sido estudiados y aplicados de forma amplia en la producción de energía, para obtener beneficios tanto en la reducción de emisiones como en la eficiencia y generación de la energía (Yang et al., 2021), cuyos beneficios medioambientales y económicos son muy importantes (Bhatia et al., 2017; Huzir et al., 2018; Wang et al., 2019).

El uso de biocombustibles no es nuevo, puesto que estos han sido empleados por miles de años en la cocción de alimentos y el servicio de calentamiento en empresas; sin embargo, en años recientes se han

utilizado principalmente en el sector transporte, calefacción y en la producción de energía (Nogueira et al., 2020) con productos como el bioetanol, biodiésel y biogás. También se sabe que se pueden generar bioproductos para alimentación y energéticos (Torroba, 2020) a través del concepto de biorrefinería, en el que se genera más de un producto con valor comercial. Igualmente, se ha evaluado el trabajo con microalgas en fotobiorreactores en donde se han obtenido resultados factibles para la producción de biocombustibles (Subía & Rubio, 2018), los cuales permiten el desarrollo de diferentes productos que pueden ser empleados como combustible en motores.

La investigación respecto a los biocombustibles ha sido desarrollada con una perspectiva práctica y se han analizado diferentes metodologías y procesos para su aprovechamiento; no obstante, es necesario explorar esta rama del conocimiento desde las herramientas administrativas que permitan identificar el avance competitivo y significativo de aquellos países que han favorecido el progreso de estas nuevas tecnologías aplicadas a la bioenergía. Derivado de ello, este trabajo tiene por objetivo analizar la ventaja comparativa de 56 países en la producción de biodiésel y bioetanol de 1999 a 2018, a partir del índice de la ventaja comparativa revelada (VCR) y del índice de la ventaja comparativa revelada normalizada (VCRN).

La estructura del documento es la siguiente: la sección 1 muestra el fundamento teórico que guía esta investigación; la sección 2 presenta la metodología, aquí se describen los índices de la VCR de Balassa (1965) y la VCRN de (Yu et al., 2009); la 3 sección señala los resultados obtenidos de los distintos países, la sección 4 retoma los principales hallazgos para discutirlos, y el trabajo cierra mostrando las conclusiones.

## 1. MARCO TEÓRICO

En el presente apartado se abordan, de manera teórica y conceptual, los temas que son la base de la presente investigación: bioenergía, competitividad, ventaja comparativa revelada, ventaja comparativa revelada normalizada.

Las reservas de combustible fósil son finitas, no renovables y presentan impacto ecológico; consecuentemente, se han explorado diversas fuentes de energía alterna que sean sustentables y amigables con el medio ambiente (Saleem, 2022). La bioenergía es una alternativa que presenta ventajas sobre los combustibles fósiles, entre las que destacan la capacidad de renovación y la posibilidad de blindaje energético para los países (Rather et al., 2022). La bioenergía actualmente es definida como el tipo de energía obtenida o generada a partir de biomasa, la cual se destaca por su conversión hacia biocombustibles (Ayala-Mendivil & Sandoval, 2018). La bioenergía es la mayor fuente de energía renovable y representa el 9.6 % de la energía mundial (Blair et al., 2021); por su parte, la leña, carbón vegetal y aceites vegetales fueron las fuentes predominantes de bioenergía empleadas para cocción, calefacción, metalurgia y horneado de arcilla hasta 1840 (Guo et al., 2015).

Dentro de la bioenergía se encuentran los biocombustibles, de los cuales existe una amplia variedad, desde sólidos, gases y líquidos, y son el etanol y el biodiésel los biocombustibles líquidos que destacan por su producción y uso (Jiménez-Islas et al., 2021). La Unión Europea promueve el uso de biocombustibles debido a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero; sin embargo, existen algunos inconvenientes en la producción de biocombustibles como el uso de suelo y la disponibilidad de agua, la modificación de ecosistemas y la disponibilidad tecnológica de motores de combustión (Puricelli et al., 2021).

Por otra parte, tenemos el tema de competitividad. La competitividad de un país se exterioriza ante escenarios de mercado libres e imparciales, cuando se producen tanto bienes como servicios que superan el promedio del mercado mundial (Organisation for Economic Co-operation and Development [OCDE], 1992). Medir la participación de un país en los mercados puede hacerse a través de indicadores indirectos como el índice de ventaja comparativa revelada (Ramírez et al., 2020). Se puede decir que un país presenta ventaja comparativa en la fabricación de un bien cuando el costo de oportunidad en la fabricación de dicho bien en términos de otros bienes es menor en este país de lo que lo es en otros, de esta manera el intercambio comercial entre dos naciones puede favorecer a ambas si cada una exporta los bienes en los que tiene ventaja (Krugman & Obstfeld, 2006).

La ventaja comparativa es un término de relevancia en la teoría económica, significa que con un cálculo empírico es posible reconocer la dirección e intensidad con la que un país ejecuta inversiones y comercia con un producto, utilizando de este modo la diferencia que goza en un factor o producto respecto a otros países (Borbón et al., 2018). Es una ventaja natural que surge en el momento en que se produce algo mejor y a un menor costo relativo en comparación con otro u otros países (Vargas, 2014). El hecho de que un país cuente con una mayor eficiencia en la producción de algunos bienes nacionales y a un menor costo comparativo de producción, le permite llevar a cabo una permuta más ventajosa, situación que origina la exportación de los países que intervienen en el comercio internacional (Salazar, 2015).

La ventaja comparativa como herramienta ha servido para analizar distintas áreas, como determinar si la producción de biocombustibles a partir del cultivo de *Jatropha curcas* en Chiapas, México, es rentable y se vuelve competitiva sin la asistencia del Gobierno (Ávila-Soler et al., 2018); calcular la pérdida de posicionamiento competitivo de México respecto a la exportación del pepino hacia Estados Unidos, en comparación con sus competidores (Borbón et al., 2018); explorar cómo la especialización regional de Colombia se vería perjudicada por la extensión de la Alianza del Pacífico, que involucra países como Singapur, Australia, Canadá y Nueva Zelanda (Danna-Buitrago, 2017); evaluar 37 productos del campo, los cuales se clasificaron como cruciales para desarrollar la agricultura en México en comparación con los países del Norte: Canadá y Estados Unidos (Infante & López, 2019); comparar el sistema de fabricación de panela en la región de Huatusco, Veracruz, utilizando tecnologías de motores eléctricos y diésel (Galicía-Romero et al., 2017); comparar y contrastar los beneficios de la producción del maíz en México respecto a competidores extranjeros (González & Alferes, 2010).

El presente trabajo plantea el tópico de la ventaja comparativa a través del índice de VCR de Balassa (1965) y del índice de VCRN de Yu *et al.* (2009). Balassa (1965) fue pionero en nombrar la expresión ventaja comparativa revelada para referirse a ella de la siguiente manera: la ventaja comparativa es revelada por el flujo comercial de mercancías, debido a que el intercambio manifiesta tanto los costos relativos como otros factores que incurren en las transacciones comerciales (Heredia & Huarachi, 2009). El índice VCR comúnmente se ha utilizado para analizar datos de comercio y mostrar a partir de ello la ventaja comparativa de las naciones (Cerdeña et al., 2008), de este modo a través de los datos revela las ventajas comparativas no directamente observables.

Con el cálculo del índice VCR se pueden detectar desigualdades tanto en la dotación como en el uso de los factores productivos, así como en indicadores como los niveles de ingresos, la eficiencia, la evaluación de las políticas públicas y las estructuras de mercado (Infante & López, 2019), además de medir el grado de relevancia de un producto (Ramírez et al., 2020). El índice VCR ayuda a analizar el

grado de especialización existente en una región determinada, en un país o incluso en un bloque económico, para un producto o para un sector productivo dado (Calmon et al., 2020). A pesar de la utilidad que el índice VCR pueda presentar, algunos autores han detectado ciertas desventajas: podría llegar a mostrar sesgo hacia una fuente de ventaja comparativa en países o en productos (Yeats, 1985), podría mostrar simplemente cambios desproporcionados en el tamaño de los mercados en lugar de indicar cambios en la ventaja comparativa (Cai & Leung, 2007).

Por su parte, el índice de VCRN facilita la comparación de las ventajas comparativas entre los productos básicos y los países en el tiempo (Delgado, 2020). El índice VCRN mide la desviación existente en la exportación real de un país desde su nivel neutral de ventaja comparativa en términos de su escala relativa con respecto al mercado mundial de exportación, lo que a su vez indica la ventaja comparativa subyacente (Yu et al., 2009). Autores como Contreras y Leos (2021) consideran que el índice VCRN mide de forma más precisa y coherente la ventaja (o desventaja) comparativa subyacente al permitir el análisis entre productos, países y tiempo, por lo que refleja más fielmente la competitividad relativa de un país en productos específicos, además de indicar que mientras un país gana ventaja comparativa de un producto, algún otro país la pierde en ese mismo producto.

Específicamente, en el área de la bioenergía se ha aplicado el análisis de ventaja comparativa revelada para determinar la competitividad de Indonesia como país exportador de biodiésel (Pambudi et al., 2019); de igual forma, se han evaluado las iniciativas y políticas relacionadas con los biocombustibles en Latinoamérica (Acharya & Pérez-Pena, 2020); otra aplicación de la ventaja comparativa en el campo de la bioenergía es el análisis de la competitividad internacional de China para generar energía a partir de biomasa (Shuai et al., 2019).

## 2. METODOLOGÍA

El índice VCR mide la idoneidad de un país para competir en el mercado internacional en un bien específico; se expresa mediante la fórmula (Balassa, 1965):

$$VCR = \frac{X_{ij}/X_{it}}{X_j/X_{nt}} \quad (1)$$

Cabe resaltar que en diversos trabajos los valores para la calcular tanto la VCR como la VCRN corresponden a valores de importaciones y exportaciones del producto elegido; no obstante, en este trabajo se utilizaron valores de producción; por lo tanto,  $X_{ij}$  representa la producción de biodiésel/bioetanol del país  $i$ ;  $X_{it}$  producción total de energía del país  $i$ ,  $X_j$  producción total de biodiésel/bioetanol del mundo,  $X_{nt}$  producción total de energía del mundo. Para su interpretación se sabe que cuanto mayor sea el valor del índice VCR, es indicativo de un mejor posicionamiento relativo (Infante & López, 2019). Además, Hinloopen y Van Marrewijk (2000) crearon una clasificación dividida en cuatro clases con el fin de facilitar la interpretación del índice de la VCR (Tabla 1).

**Tabla 1.** Interpretación del índice VCR según su rango

Clases	Rango del índice	Interpretación
Clase A	$0 < VCR \leq 1$	No existen ventajas comparativas
Clase B	$1 < VCR \leq 2$	Existe una débil ventaja comparativa
Clase C	$2 < VCR \leq 4$	Existe una moderada ventaja comparativa
Clase D	$4 > VCR$	Existe una fuerte ventaja comparativa

**Fuente:** elaboración propia con base en Hinloopen y Van Marrewijk (2000)

Por otra parte, el índice VCRN desarrollado por Yu *et al.* (2009) se expresa mediante la fórmula siguiente:

$$VCRN = \left( X_{ij} / X_{nt} \right) - \left( (X_j X_{it}) / (X_{nt} * X_{nt}) \right) \quad (2)$$

En donde  $X_{ij}$  representa la producción de biodiésel/bioetanol del país  $i$ ;  $X_{nt}$  producción total de energía del mundo;  $X_j$  producción total de biodiésel/bioetanol del mundo y  $X_{it}$  producción total de energía del país  $i$ . El índice de VCRN se interpreta de la siguiente manera: cuando el VCRN es encuentra por debajo de cero, existe desventaja comparativa de un país en un producto específico; por el contrario, cuando es mayor que cero, habrá visible ventaja comparativa de un país en un bien determinado (Delgado, 2020).

Los datos objeto de este análisis se obtuvieron de la OECD, la información se encontró disponible para 56 países y se seleccionó el periodo de 1999 a 2018. Cabe mencionar que, de los 56 países, 45 son miembros de la OECD (Australia, Canadá, Chile, Colombia, Francia, Alemania, Israel, Japón, Corea, México, Nueva Zelanda, Noruega, España, Suiza, Turquía, Reino Unido, Estados Unidos, Unión Europea – 28 países) mientras que los 11 restantes no pertenecen a la OECD (Argentina, Brasil, República Popular de China, India, Indonesia, Kazakhstan, Filipinas, Rusia, Sudáfrica, Ucrania y Vietnam). El análisis de los datos se realizó a través de los índices VCR y VCRN mencionados anteriormente en este mismo apartado. Finalmente, el enfoque de la investigación es cuantitativo, con un diseño de tipo descriptivo y longitudinal.

### 3. RESULTADOS

La Tabla 2 presenta los índices VCR y VCRN para los 56 países analizados tanto en la producción de biodiésel como bioetanol, ilustrando únicamente el año 2018. Respecto a la producción de biodiésel, a partir del índice VCR se observa que Australia, Canadá, Chile, Israel, Japón, Corea, Turquía, Reino Unido, Estados Unidos, China, India, Kazakhstan, Rusia, Sudáfrica, Ucrania y Vietnam no cuentan con una ventaja comparativa, ya que muestran valores por debajo de 1 y cercanos a 0 en varios casos; por su parte, Filipinas presenta una débil ventaja comparativa, con un valor de 1.08; mientras que Noruega, la Unión Europea (28 países), Colombia, Francia y Alemania tienen una moderada ventaja comparativa, con valores entre 2 y 4; y finalmente, España, Argentina, Brasil e Indonesia son los países que tienen una fuerte ventaja comparativa, pues obtuvieron la mayor puntuación. Argentina con un índice igual a 8.59. De acuerdo con los resultados obtenidos en el índice VCRN, los países con ventaja comparativa en la producción de biodiésel son: Colombia, Francia, Alemania, Noruega, España, la Unión Europea (28 países), Argentina, Brasil, Indonesia y Filipinas. De esos países, los tres que presentan la mayor ventaja comparativa son la Unión Europea (28 países) con un índice de 0.00072, seguido de Indonesia con un

índice de 0.00043 y Brasil con un índice de 0.00036. Anteriormente se mencionó que el índice VCRN muestra aquellos países que ganan ventaja, a la vez que otros la pierden; de esta manera se observa que mientras los países de la Unión Europea (28 países), Indonesia y Argentina tienen una importante ventaja comparativa en la producción de biodiésel, países como Israel y Nueva Zelanda pierden ventaja comparativa con resultados por debajo de la unidad.

**Tabla 2.** VCR y VCRN en la producción de biodiésel y bioetanol por país, año 2018

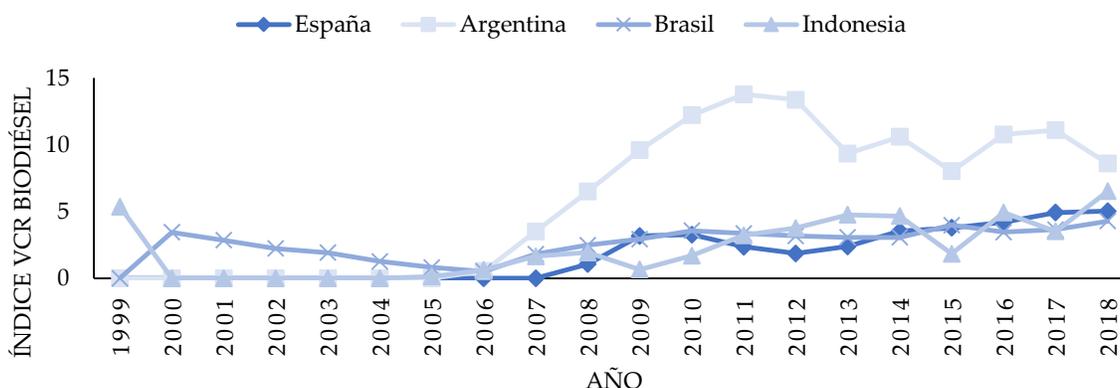
País	VCR		VCRN	
	Biodiésel	Bioetanol	Biodiésel	Bioetanol
Australia	0.0853689467	0.2528420094	-0.0000376105	0.0000169278
Canadá	0.2589321294	0.6065827037	-0.0000753522	0.0001004191
Chile	0.0000081107	0.0111637875	-0.0000138722	0.0000002521
Colombia	3.8506644221	1.3409905382	0.0000407362	0.0000311996
Francia	3.2966992204	0.8611038195	0.0001715548	0.0001047231
Alemania	3.0341028860	0.3602083088	0.0002235063	0.0000644405
Israel	0.0000146667	0.0000090083	-0.0000076713	0.0000000001
Japón	0.0106830739	0.0050473636	-0.0001381627	0.0000011476
Corea	0.7091172122	0.0588005849	-0.0000261528	0.0000086073
México	-	0.1244046118	-0.0000614904	0.0000124547
Nueva Zelanda	-	0.0132501428	-0.0000070984	0.0000001531
Noruega	2.6454667230	0.1462017056	0.0000169058	0.0000024456
España	5.0260918320	0.4577198760	0.0001711564	0.0000316809
Suiza	-	-	-0.0000089469	0.0000000000
Turquía	0.0000022146	0.0770719717	-0.0000508050	0.0000063752
Reino Unido	0.6769021712	0.5159477737	-0.0000205259	0.0000533656
Estados Unidos	0.9677087000	2.7237090661	-0.0000254008	0.0034882804
Unión Europea (28 países)	2.2628566328	0.3732310749	0.0007175256	0.0003452624
Argentina	8.5876090683	1.3907390006	0.0002140152	0.0000638666
Brasil	4.2757111797	10.7793947370	0.0003630729	0.0019452295
República popular de China	0.0720867214	0.3540598494	-0.0009421520	0.0005852997
India	0.0521616912	0.3327042229	-0.0002837013	0.0001621338
<b>Países que no pertenecen a la OECD</b>				
Indonesia	6.5212759154	0.0869908517	0.0004251649	0.0000109063
Kazakhstan	0.0000054399	0.0000033412	-0.0000206830	0.0000000001
Filipinas	1.0778627083	0.6883581697	0.0000012996	0.0000187066
Rusia	0.0000000000	0.0812212733	-0.0002538511	0.0000335688
Sudáfrica	0.0000031960	0.3203642354	-0.0000352042	0.0000183623
Ucrania	0.0000044312	0.5207300011	-0.0000253915	0.0000215274
Vietnam	0.0000037831	0.2685217484	-0.0000297414	0.0000130026

**Fuente:** elaboración propia con base en datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).

En lo que respecta a la producción de bioetanol, a partir del índice VCR se observa que la mayoría de los países analizados presentan una débil ventaja comparativa, destacando únicamente Brasil con una ventaja comparativa fuerte y un índice de 10.77, Estados Unidos con una ventaja comparativa moderada y un índice de 2.72, Argentina y Colombia ambos con una ventaja comparativa débil y con

un índice de 1.39 y 1.34 respectivamente. Por otra parte, de acuerdo con los resultados obtenidos en el índice VCRN, los países con la mayor ventaja comparativa en la producción de bioetanol son: Estados Unidos con un índice de 0.0035, seguido de Brasil con un índice de 0.0019 y la Unión Europea con un índice de 0.00035; mientras que Israel, Suiza y Kazajistán son los que principalmente perdieron ventaja comparativa.

En las figuras 1 a la 4 se presenta el comportamiento histórico de los índices VCR y VCRN para los países con la mayor ventaja comparativa revelada y normalizada. En lo que respecta a la producción de biodiésel, en la Figura 1 se observa el crecimiento de la ventaja comparativa de España, Argentina, Brasil e Indonesia. Se visualiza que Argentina tuvo un incremento importante a partir del año 2005 y, a pesar de presentar caídas en algunos años (como en los años 2013, 2015 y 2018), se mantiene con la mayor ventaja comparativa de los países analizados en este trabajo. El caso de Indonesia también presentó un crecimiento en su ventaja comparativa a partir del año 2005; sin embargo, para el año 2009 experimentó una caída importante, mientras que Argentina, España y Brasil conservaban su crecimiento; la siguiente caída importante en cuanto a su ventaja comparativa se vivió en el año 2015 y una más en el año 2017. Por otra parte, España experimentó el crecimiento de su ventaja comparativa a partir del año 2008, en el año 2011 tuvo una caída que ha ido recuperando con un crecimiento constante a partir del 2013. Finalmente, Brasil, del año 2000 al 2006, presentó un decremento de su ventaja comparativa, pero a partir de ese año ha mostrado un crecimiento generalmente constante.



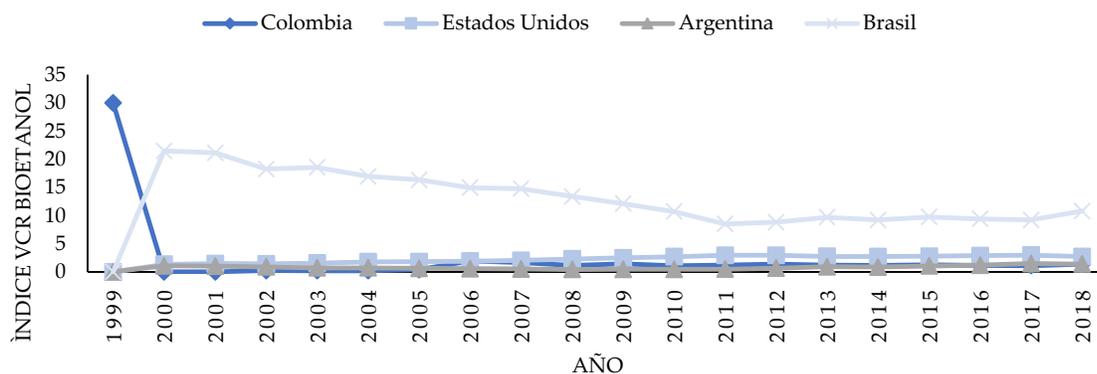
**Figura 1.** Comportamiento histórico del índice VCR en la producción de biodiésel en España, Argentina, Brasil e Indonesia.

**Fuente:** elaboración propia con base en procesamiento de información

Argentina experimentó un importante crecimiento en la producción de biodiésel a través de la implementación de políticas energéticas como la Ley Argentina de Biocombustibles 26.093 de abril de 2006, la cual fue reglamentada en febrero de 2017 mediante el Decreto 109/2007; las especificaciones de calidad para biodiésel fueron formalizadas en 2010 con la Resolución 6/2010 y el precio para consumo doméstico con la Resolución 7/2010. De igual forma, en 2018 Indonesia propuso cumplir con el nivel de consumo de biodiésel, para 2010 la proporción sería de 2.5 % hasta alcanzar el 20 % en 2025 (Sorda et al., 2010). Para el caso de España, una serie de leyes ayudaron a incrementar la producción de biodiésel, se inició con el Plan de Fomento de las Energías Renovables de 2019 y el Plan de Energías Renovables 2005-2010 aprobado en 2005 por el Gobierno, además de estar en el conjunto de países de la Unión

Europea, que apuestan por las energías renovables. En el tema de infraestructura, las políticas de España favorecieron la inversión privada por su capacidad instalada, además del desarrollo en investigación y plantas para la producción de biodiésel (Espejo, 2009). En Brasil, por su parte, con la experiencia ganada en el programa PROALCOOL, el Gobierno creó el programa nacional de producción y uso de biodiésel (National Biodiésel Production and Usage Program PNPB), en 2005 se probó la Ley 11.097/05 con la introducción de 2 % de biodiésel e incrementarlo a 5 % de biodiésel para 2010 (Padula et al., 2012). Las políticas energéticas en los países indicados han generado el impulso a los biocombustibles y responden al comportamiento de la ventaja mostrada.

En lo que respecta a la producción de bioetanol, en la Figura 2 se observa el crecimiento de la ventaja comparativa de Colombia, Estados Unidos, Argentina y Brasil. Se puede ver a Brasil con la mayor ventaja comparativa a pesar de que ha presentado importantes caídas a lo largo de los años de análisis. Por su parte, Estados Unidos y Argentina presentan una ventaja comparativa con crecimiento pequeño pero constante a lo largo de los años. En el caso de Colombia se observa que fue en los años 2005 y 2006 cuando se incrementó su ventaja comparativa en la producción de bioetanol. El Gobierno nacional de Colombia a través de la Política Nacional de Biocombustibles tiene como objetivo la expansión de la producción de fuentes energéticas en conjunto con el suministro de materias primas consideradas en la política agrícola. Uno de los factores que fomentaron el liderazgo de Colombia y Brasil fue la experiencia en la producción de biocombustibles y su capacidad geográfica para expandir los cultivos bioenergéticos, lo que les otorgó ventajas comparativas en la producción frente a países de la región (Ruiz, 2014).

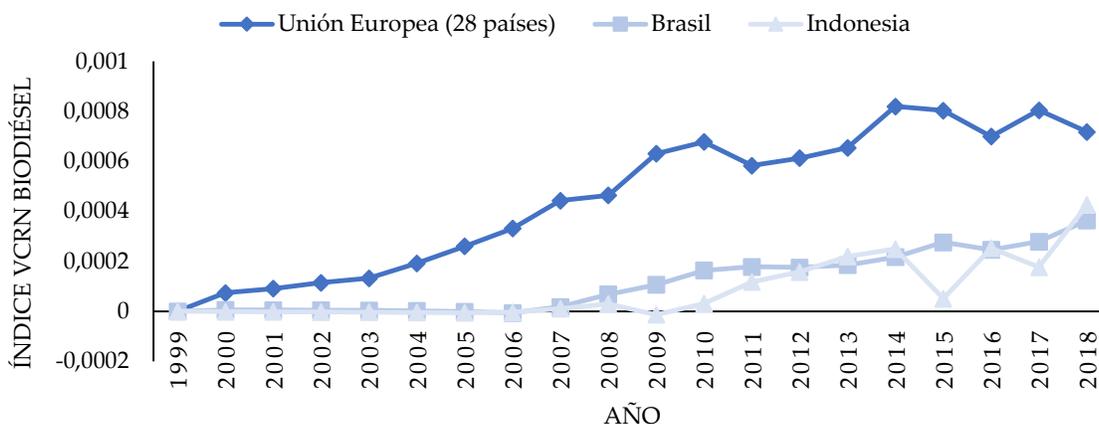


**Figura 2.** Comportamiento histórico del índice VCR en la producción de bioetanol en Colombia, Estados Unidos, Argentina y Brasil.

**Fuente:** elaboración propia con base en procesamiento de información

Al calcular la VCRN en la producción de biodiésel, se reveló la ventaja comparativa de la Unión Europea (28 países), ya que ahora es la que obtuvo la mayor ventaja comparativa, conservando presencia Brasil e Indonesia (ver Figura 3). Además, se observa que el crecimiento de la ventaja comparativa de la Unión Europea (28 países) ha sido constante desde el año 1999, alcanzando su máximo crecimiento en 2014, pese a un decremento importante en el año 2011 y otro más en el año 2016. Por su parte, Brasil muestra un crecimiento en su ventaja comparativa revelada normalizada a partir del año 2007, crecimiento que se ha mantenido constante con solamente una ligera caída en 2016. Cabe notar que el resultado visualizado en este caso es similar al obtenido en el índice VCR. Finalmente, Indonesia

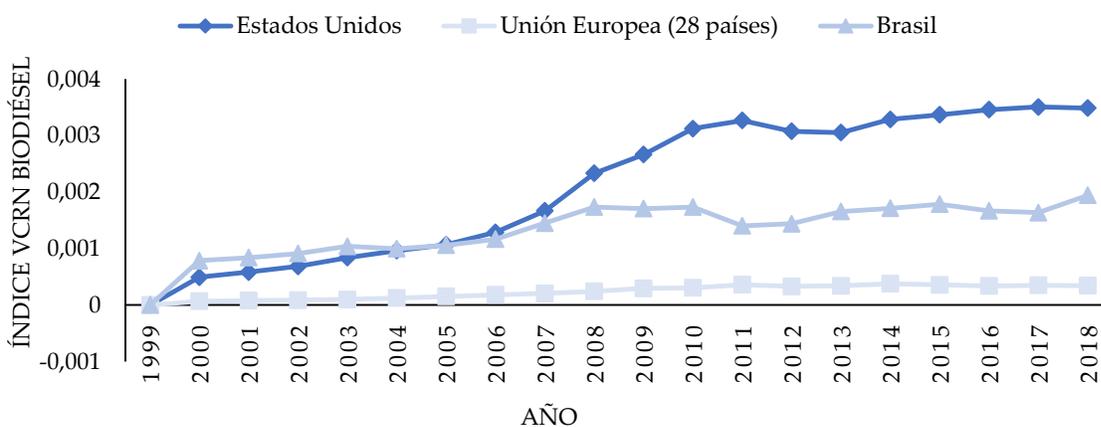
comenzó a destacar en la producción de biodiésel a partir del año 2010, pero en 2015 tuvo una fuerte caída de la cual se recuperó, de modo que en 2016 se asemejó a Brasil y en 2018 lo superó. Hay que señalar que también este comportamiento es similar al obtenido para ese país en el índice VCR.



**Figura 3.** Comportamiento histórico del índice VCRN en la producción de biodiésel en los países de la Unión Europea (28 países), Brasil e Indonesia.

**Fuente:** elaboración propia con base en procesamiento de información

En lo que corresponde a la producción de bioetanol, la VCRN nuevamente reveló el papel de la Unión Europea (28 países) en este biocombustible, cuya ventaja comparativa es pequeña al lado de Estados Unidos y Brasil, pero se ha mantenido generalmente constante (ver Figura 4). El país con la mayor ventaja según el índice VCRN es Estados Unidos, para el cual se observa un crecimiento desde 1999 y hasta el 2018, presentando una ligera caída en el año 2012, de la cual se recuperó al año siguiente. Por su parte, Brasil destacó los primeros años, en el 2005 fue superado por Estados Unidos y a partir de ese año se ha mantenido en la segunda posición en cuanto a su ventaja comparativa.



**Figura 4.** Comportamiento histórico del índice VCRN en la producción de bioetanol en los países de Estados Unidos, Unión Europea (28 países) y Brasil.

**Fuente:** elaboración propia con base en procesamiento de información

#### 4. DISCUSIÓN

Los países latinoamericanos que destacaron en este trabajo al mostrar ventaja comparativa en la producción de biocombustibles son Colombia (bioetanol), Argentina (bioetanol y biodiésel) y Brasil (bioetanol y biodiésel). Para impulsar tanto el uso como la fabricación de biocombustibles, desde 2001 Colombia ha expedido una serie de leyes y reformas para implementar en mezcla el bioetanol (Pabón-Pereira et al., 2019) y eliminar impuestos al valor agregado. Además, Colombia presenta ventajas importantes como la localización de sus plantas de bioetanol y las condiciones geográficas para la producción de la materia prima (Colmenares-Quintero et al., 2020), a lo que se suma el incremento de la demanda local del biocarburante.

Argentina, por su parte, al igual que Colombia, aplica políticas de promoción de biocombustibles y mediante el aprovechamiento de materias primas provenientes de caña de azúcar y de la industria aceitera (Castro & Emiliozzi, 2020). Brasil inició un plan de producción vegetal de aceite con fines bioenergéticos en 1975, pero fue hasta 2002 que se creó el Programa Brasileño de Biodiésel cuyo propósito es reducir la dependencia energética del petróleo, además de que la demanda del biodiésel está determinada por las políticas aplicadas por el Gobierno en el que se establece la demanda y el volumen de mezcla (Luiz-Fantinel et al., 2015), además se proyecta que Brasil triplique su producción para 2030.

De América del Norte, Estados Unidos tiene ventaja comparativa en la fabricación de bioetanol. La generación de este biocombustible en Estados Unidos inició desde la década de los 80; sin embargo, a partir del año 2000 puso en marcha una estrategia para la producción del biocarburante, obligado por la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero y por la disminución de la dependencia que mantiene por sus bajas reservas petroleras (Becerra, 2012).

La Unión Europea (28 países) también destaca en esta investigación por su ventaja comparativa en la fabricación de bioetanol, ya que a través de políticas e incentivos fiscales para los biocombustibles ha establecido iniciativas en pro del cambio climático, la seguridad energética, la sostenibilidad y el desarrollo de los países miembros. El objetivo de la Unión Europea ha sido la reducción de combustibles fósiles y la mitigación del cambio climático (Oosterveer, 2020), lo que ha permitido el crecimiento en el consumo de biocombustibles ya sea de producción local o importada. Además, España tiene presencia en la producción de biodiésel, particularmente cuenta con una dinámica regulatoria en biocombustibles, la primera de ellas se aprobó mediante la Ley 12/2017 con un objetivo de 3.4 % de consumo de la energía por el sector del transporte, incrementándose hasta el 7 % para 2011 (Fernández-Tirado & Parra-López, 2021)

Finalmente, la posición de Indonesia con ventaja comparativa se debe al aumento en los precios del petróleo, debido a que ello propició que estableciera políticas para el uso de biocombustibles en 2006, lo que a su vez generó el desarrollo de la industria de aceite de palma, que es la materia prima para el biodiésel, y de forma global el Gobierno permitió plantearse como meta el 17 % de energía renovable para el 2025 (Yasinta & Karuniasa, 2021). Además, al ser Indonesia el productor de aceite de palma más destacado en el mundo, el 5 % del aceite fue destinado a la producción de biodiésel para abastecer el mercado extranjero y nacional (Dharmawan et al., 2020); lo que le ha permitido mantener la política de mezcla B20 (20 % de biodiésel) y a partir de 2020 se espera que tras la regulación se dé continuidad para ser el primer país en mantener la mezcla B30 (Febriansyah et al., 2020).

Es posible que la producción de biocombustibles se incremente, ya que según Ávila-Soler *et al.* (2018) se visualiza un aumento en el consumo de energía a nivel mundial, cuyo principal crecimiento provendrá del sector transportes, que actualmente absorbe más del 50 % de la demanda global de petróleo.

Con respecto a la metodología, en los documentos consultados se detectó, tanto en la propia definición como en la aplicación de los índices de ventaja comparativa, que se enfoca a los datos de flujos comerciales dados principalmente por importaciones y exportaciones (Acharya & Perez-Pena, 2020; Pambudi *et al.*, 2019; Shuai *et al.*, 2019; Infante & López, 2019; Ávila-Soler *et al.*, 2018; Borbón *et al.*, 2018; Danna-Buitrago, 2017; Galicia-Romero *et al.*, 2017; González & Alferes, 2010; Heredia & Huarachi, 2009; Cerda *et al.*, 2008; Balassa 1965); sin embargo, en este trabajo ambos índices (VCR y VCRN) se utilizaron con datos de la producción, lo que permitió detectar la ventaja comparativa y la posición de competitividad de cada país objeto de análisis respecto a la producción de biocombustibles.

## 5. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se determinó la VCR y la VCRN en 56 países en cuanto a la producción de biodiésel y bioetanol de 1999 a 2018. En el último año, en lo que corresponde a la producción de biodiésel, Argentina (8.59) es el país con mayor ventaja comparativa; por su parte, en la VCRN destacó la Unión Europea (28 países en conjunto – 0.0007) con ventaja sobre el resto de los países. En lo respecta a la producción de bioetanol Brasil (10.78) presenta la mayor ventaja comparativa; por otro lado, la VCRN resalta el papel de Estados Unidos en la producción de este biocombustible. La utilización del índice VCR de Balassa (1965) ayudó a revelar la ventaja comparativa que no se observaba directamente en cuanto a la producción de biocombustibles en los países analizados, permitiendo identificar la posición de cada país en el tema. Por otra parte, el índice VCRN de Yu *et al.* (2009) mejoró el análisis anterior al calcular no solo la ventaja comparativa del país con respecto a un biocombustible, sino además al identificar cuáles países se veían principalmente afectados por una pérdida de ventaja ante la ganancia de ventaja de otros.

El crecimiento de la ventaja comparativa en la producción de biocombustibles es resultado de políticas energéticas, ambientales y económicas que promueven tanto su producción como su uso, además de que países como Colombia y Argentina cuentan con factores como la localización y las condiciones climáticas que favorecen la generación de materias primas requeridas para la obtención de dichos biocarburantes. En otro contexto, la posibilidad de cumplir con acuerdos internacionales en materia ambiental ha propiciado la adopción de leyes que promuevan el uso de biocombustibles, aunque es reducido el número de países que han cumplido en su totalidad dichos acuerdos y cuyos resultados del cumplimiento se pueden reflejar en una mayor o menor ventaja comparativa.

Como futura línea de investigación se ha visualizado efectuar este mismo análisis con datos de las importaciones y exportaciones, enfocados en los principales países productores de biocombustibles, con la finalidad de revelar la dinámica del comercio internacional en estos productos. También valdría la pena analizar el comportamiento que presenta la ventaja comparativa de los biocombustibles versus los combustibles tradicionales, ya que se podría pensar que mientras los biocombustibles están ganando ventaja, los combustibles tradicionales la están perdiendo. Por otra parte, se podrían explorar teóricamente los índices de ventaja comparativa aquí mostrados, así como algunos otros existentes, con temas de lógica difusa y operadores de agregación.

#### CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

La conceptualización, metodología, validación y análisis formal es una contribución de Miriam Edith Pérez-Romero y Donaji Jiménez-Islas. La redacción del borrador original es una contribución de Ignacio Ventura-Cruz y Jorge Alberto Azuara-Jiménez. La redacción-revisión del documento fue realizada por Donaji Jiménez-Islas, y la edición fue hecha por Martha Beatriz Flores-Romero. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

#### FINANCIACIÓN

Esta investigación no recibió financiación externa.

#### DECLARACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los datos utilizados en esta investigación se encuentran disponibles en [www.oecd.org](http://www.oecd.org) (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD por sus siglas en inglés).

#### AGRADECIMIENTOS

M.E. Pérez-Romero agradece al CONACYT por la beca otorgada para sus estudios de doctorado.

#### CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

#### REFERENCIAS

- Acharya, R. N., & Pérez-Pena, R. (2020). Role of Comparative Advantage in Biofuel Policy Adoption in Latin America. *Sustainability*, 12(4), 1411. <https://doi.org/10.3390/su12041411>
- Ávila-Soler, E., García-Salazar, J. A. & Valtierra-Pacheco, E. (2018). Competitividad de la producción de *Jatropha curcas* en la región de La Frailesca, Chiapas, México. *Madera y Bosques*, 24(2). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421608>
- Ayala-Mendivil, N. & Sandoval, G. (2018). Bioenergía a partir de residuos forestales y de madera. *Madera y Bosques*, 24(e2401877), 1-14. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401877>
- Balassa, B. (1965). Trade Liberalization and Revealed Comparative Advantage. *The Manchester School of Economic and Social Studies*, 32(2), 99-123. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.1965.tb00050.x>
- Barr, M. R., Volpe, R., & Kandiyoti, R. (2021). Liquid Biofuels from Food Crops in Transportation. A Balance Sheet of Outcomes. *Chemical Engineering Science: X*, 10, 100090. <https://doi.org/10.1016/j.cesx.2021.100090>
- Becerra, L. A. (2012). La demanda de etanol en Estados Unidos, 1981-2009. *Región y Sociedad*, 24(53), 205-229. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-39252012000100007&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252012000100007&lng=es&nrm=iso)
- Bhatia, S. K., Kim, S.-H., Yoon, J.-J., & Yang, Y.-H. (2017). Current Status and Strategies for Second Generation Biofuel Production Using Microbial Systems. *Energy Conversion and Management*, 148, 1142-1156. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.06.073>
- Blair, M. J., Gagnon, B., Klain, A., & Kulišić, B. (2021). Contribution of Biomass Supply Chains for Bioenergy to Sustainable Development Goals. *Land*, 10(2), 181. <https://doi.org/10.3390/land10020181>
- Borbón, C. G., Arvizu, M., García, A. & Robles, J. M. (2018). Ventajas comparativas del pepino mexicano de exportación hacia Estados Unidos. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 45, 42-54. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.281296>
- Cai, J., & Leung, P.S. (2007). Toward a More General Measure of Revealed Comparative Advantage Variation. *Applied Economic Letters*, 15(9), 723-726. <https://doi.org/10.1080/13504850600748992>
- Calmon, R. L., Droguett, R., Da Silva, A., De Moura, M., Joaquim, G. & Do Espírito, M. (2020). Especialización y competitividad: análisis de las exportaciones brasileñas de cacao en grano y productos. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1207-1219. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2348>
- Castro, M. B. & Emiliozzi, A. L. (2020). El bioetanol en base a maíz y su inserción en cadenas de valor en la Provincia de Córdoba, Argentina. *Redes*, 25(3), 1302-1321. <https://doi.org/10.17058/redes.v25i3.14054>

- Cerda, A., Alcarado, M., García, L. & Aguirre, M. (2008). Determinantes de la competitividad de las exportaciones de vino chileno. *Panorama Económico*, 26(37), 172-181. <https://www.redalyc.org/pdf/399/39911400008.pdf>
- Chávez Altamirano, C. E., López Calvopiña, F. G., Palate Chicaiza, X. M. & Jacome Pilco, C. R. (2021). Potencialidad de biocombustibles a partir de residuos orgánicos. *Revista Científica*, 6(21), 40-57. <https://doi.org/10.29394/scientific.issn.2542-2987.2021.6.21.2.40-57>
- Colmenares-Quintero, R. F., Rico-Cruz, C. J., Stansfield, K. E. & Colmenares-Quintero, J. C. (2020). Assessment of Biofuels Production in Colombia. *Cogent Engineering*, 7(1), 1740041. <https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1740041>
- Contreras, J. M. & Leos, J. A. (2021). *Nota metodológica sobre el índice de ventaja comparativa revelada normalizada. Metodologías y herramientas para la investigación.* Universidad Autónoma Chapingo. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/74390dab-48cb-48c0-9bc3-9de6e8c0abf0>
- Danna-Buitrago, J. P. (2017). La alianza del pacífico +4 y la especialización regional de Colombia: una aproximación desde las ventajas comparativas. *Cuadernos de Administración*, 30(55), 163-192. <https://doi.org/10.11144/javeriana.cao.30-55.aperc>
- Delgado, M. J. (2020). *Las ventajas comparativas de la industria automotriz en las economías emergentes 2000-2018: el caso de los Bric, Corea del Sur y México.* (Tesis para obtener el grado de maestra en Ciencias en Negocios Internacionales). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB\\_UMICH/2667/ININEE-M-2020-0552.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/2667/ININEE-M-2020-0552.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Dharmawan, A., Fauzi, A., Putri, E., Pacheco, P., Dermawan, A., Nuva, N., Amalia, R., Sudaryanti, D. (2020). Bioenergy policy: the biodiésel sustainability dilemma in indonesia. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 15(4), 537-546. <https://doi.org/10.18280/ijssdp.150414>
- Espejo Marín, C. (2009). Los biocarburantes en España. Un sector en desarrollo. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (50). <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/1111/1034>
- Febriansyah, H., Budi Utomo, F. & Suminto, S. (2020). The Readiness of Indonesia to Implement Blended Biodiésel B30. *E3S Web of Conferences*, 190. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019000013>
- Fernández-Tirado, F. & Parra-López, C. (2021). Economic and Social Impacts of the Biodiésel Industry: Assessment and Policy Implications in Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 18(4). <https://doi.org/10.5424/sjar/2020184-16580>
- Galicia-Romero, M., Hernández-Cázares, A.S., Omaña-Silvestre, J.M., Velasco-Velasco, J., Debernardi de la Vequia, H. & Hidalgo-Contreras, J.V. (2017). Ventaja comparativa y competitiva de la producción de panela en la región de Huatusco, Veracruz, México. *Agroproductividad*, 10(11), 29-34. <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA530914343&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=fulltext&issn=&p=IFME&sw=w&userGroupName=anon%7E80bfeb82>
- González Estrada, A. & Alferes Varela, M. (2010). Competitividad y ventajas comparativas de la producción de maíz en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(3), 381-396. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342010000300008](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342010000300008)
- Guo, M., Song, W. & Buhain, J. (2015). Bioenergy and Biofuels: History, Status, and Perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 712-725. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.013>
- Heredia Pérez, J. & Huarachi Chávez, J. (2009). El índice de la ventaja comparativa revelada (VCR) entre el Perú y los principales exportadores del mundo. El caso de la Región Lambayeque. Perú. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 14(26), 27-55. <https://doi.org/10.46631/jefas.2009.v14n26.02>
- Hinloopen, J. & Van Marrewijk, C. (2001). On the Empirical Distribution of the Balassa Index. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 137(1), 1-35. <https://doi.org/10.1007/bf02707598>
- Hu, J., Huang, L., Chen, M., He, G., & Zhang, H. (2017). Impacts of Power Generation on Air Quality in China. Part II: Future Scenarios. *Resources, Conservation and Recycling*, 121, 115-127. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.04.011>

- Huzir, N. M., Aziz, M. M. A., Ismail, S. B., Abdullah, B., Mahmood, N. A. N., Umor, N. A. & Syed Muhammad, S. A. F. (2018). Agro-industrial Waste to Biobutanol Production: Eco-friendly Biofuels for Next Generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 476-485. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.036>
- Infante Jiménez, Z. T. & López Villaseñor, A. J. (2019). El trinomio de ventajas comparativas reveladas en la canasta básica de la Sader en América del Norte. *The Anáhuac Journal: Business and Economics*, 19(2), 39-69. <https://doi.org/10.36105/theanahuacjour.2019v19n2.02>
- Jiménez-Islas, D., Pérez-Romero, M. E., Rivera-Ríos, J. M., & Flores-Romero, M. B. (2021). A Bibliometric Analysis of Sugar Beet for Production of Biofuels. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(3), 57-63. <https://doi.org/10.32479/ijeep.11013>
- Krugman, P. R. & Obstfeld, M. (2006). *Economía internacional: teoría y política*. Pearson Educación.
- Llenque-Díaz, L. A., Quintana, A., Torres, L., Segura, R. (2020). Producción de bioetanol a partir de residuos orgánicos vegetales. *Revista de Investigación Científica (Rebiol)*, 40(1), 21-29. <https://doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.01.03>
- Luiz-Fantinel, A., Luiz-Jahn, S. & Ramírez, Y. (2015). Producción y demanda de biodiésel en Brasil: revisión. *Revista Dirección y Organización* 57, 33-41. <https://doi.org/10.37610/dyo.v0i57.479>
- Nogueira, L. A. H., Souza, G. M., Cortez, L. A. B. & Brito Cruz, C. H. de. (2020). Biofuels for Transport. In *Future Energy* (Third ed.), (pp. 173-197). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102886-5.00009-8>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OCDE). (1992). *Technology and the Economy. The Key Relationships*. OCDE. The Technology/Economy Programme 42. <https://www.econbiz.de/Record/technology-and-the-economy-the-key-relationships/10004126254>
- Oosterveer, P. (2020). Sustainability of Palm Oil and Its Acceptance in the EU. *Journal of Oil Palm Research*, 32(3), 365-376. <https://doi.org/10.21894/jopr.2020.0039>
- Pabón-Pereira, C., Slingerland, M., Hogervorst, S., Van Lier, J. & Rabbinge, R. (2019). A Sustainability Assessment of Bioethanol (EtOH) Production: The Case of Cassava in Colombia. *Sustainability*, 11(14), 3968. <https://doi.org/10.3390/su11143968>
- Padula, A. D., Santos, M. S., Ferreira, L., & Borenstein, D. (2012). The Emergence of the Biodiésel Industry in Brazil: Current Figures and Future Prospects. *Energy Policy*, 44, 395-405. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.003>
- Pambudi, A., Puspitawati, E. & Nursechafia. (2019). The Determinants of Biodiésel Export in Indonesia. *Signifikan: Jurnal Ilmu Ekonomi*, 8(2), 207-216. <https://doi.org/10.15408/sjie.v8i2.10961>
- Pereda, S. (2018). Productos y tecnologías para el impulso de biocombustibles. *Ciencia e Investigación*, 68(2), 33-40.
- Puricelli, S., Cardellini, G., Casadei, S., Faedo, D., Van den Oever, A. E. M. & Grosso, M. (2021). A Review on Biofuels for Light-Duty Vehicles in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137, 110398. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110398>
- Ramírez Padrón, L. C., Cauch, I. C., Fernández, V. G. P., Luis, D. M., & Fernández, A. P. (2020). Análisis de los indicadores de competitividad de las exportaciones de fresa mexicana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(4), 815-827. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.2049>
- Rather, R. A., Wani, A. W., Mumtaz, S., Padder, S. A., Khan, A. H., Almohana, A. I., Almojil, S. F., Alam, S. S. & Baba, T. R. (2022). Bioenergy: A Foundation to Environmental Sustainability in a Changing Global Climate Scenario. *Journal of King Saud University-Science*, 34(1), 101734. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101734>
- Ruiz, P. F. (2014). *Análisis de las ventajas comparativas y competitivas de Colombia en la producción de biocombustibles en la región para consolidar mecanismos de integración en esta área teniendo en cuenta su participación en el Proyecto de Integración de Mesoamérica y la influencia de Brasil como principal competidor o aliado en la región*. (Tesis). Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, Colombia. Repositorio EdocUR. <http://repository.urosario.edu.co/handle/10336/5116>

- Salazar, J. J. (2015). Estructura y evolución reciente de las ventajas comparativas de México y de sus estados. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Trayectorias*, 17(40), 67-88. <https://www.redalyc.org/pdf/607/60735446003.pdf>
- Saleem, M. (2022). Possibility of Utilizing Agriculture Biomass as a Renewable and Sustainable Future Energy Source. *Heliyon*, 8(2), e08905. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08905>
- Shuai, J., Huang, F., Leng, Z. & Cheng, X. (2019). International Competitiveness of China's Biomass Products: A CMS and RCA Analysis. *International Journal of Energy Sector Management*, 14(3), 609-623. <https://doi.org/10.1108/ijesm-05-2019-0013>
- Sorda, G., Banse, M. & Kemfert, C. (2010). An Overview of Biofuel Policies Across the World. *Energy Policy*, 38(11), 6977-6988. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.06.066>
- Subía, S. & Rubio, J. (2018). Evaluación de biomasa de microalgas de la laguna Limoncocha como materia prima para la obtención de biocombustibles. *Enfoque UTE*, 9(2), 106-116. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.199>
- Sun, H., Wang, W. & Koo, K.-P. (2018). The Practical Implementation of Methanol as a Clean and Efficient Alternative Fuel for Automotive Vehicles. *International Journal of Engine Research*, 20(3), 350-358. <https://doi.org/10.1177/1468087417752951>
- Torroba, A. (2020). *Los biocombustibles líquidos en las Américas, situación actual y potencial de desarrollo*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica. Repositorio IICA. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/9975/BVE20058034e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vargas, H. (2014). *Desempeño competitivo de productos agropecuarios de Guatemala: una evaluación con base en las ventajas comparativas reveladas por el comercio internacional de 2000 a 2010*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Repositorio IICA. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2625/BVE17038705e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Wang, H., Pu, Y., Ragauskas, A. & Yang, B. (2019). From Lignin to Valuable Products—Strategies, Challenges, and Prospects. *Bioresource Technology*, 271, 449-461. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.072>
- Yang, Y., Tian, Z., Lan, Y., Wang, S. & Chen, H. (2021). An Overview of Biofuel Power Generation on Policies and Finance Environment, Applied Biofuels, Device and Performance. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 8(4), 534-553. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2021.07.002>
- Yasinta, T., & Karuniasa, M. (2021). Palm Oil-based Biofuels and Sustainability in Indonesia: Assess Social, Environmental and Economic Aspects. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 716(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/716/1/012113>
- Yeats, A. J. (1985). On the Appropriate Interpretations of the Revealed Comparative Advantage Index: Implications of a Methodology Based on Industry Sector Analysis. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 121, 61-73. <https://doi.org/10.1007/BF02705840>
- Yu, R., Cai, J. & Leung, P. (2009). The Normalized Revealed Comparative Advantage Index. *Annals Regional Science*, 43, 267-282. <https://doi.org/10.1007/s00168-008-0213-3>