



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Encontro Internacional de
Educação em Engenharia ACOFI

Evaluación económica del uso de biocombustibles

Anny Astrid Espitia Cubillos, Laura Fernanda Ovalle Córdoba, Óscar Palacio León

**Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, Colombia**

Resumen

La eficiencia energética es un fenómeno bastante estudiado, que con el transcurrir del tiempo ha sido un tema de relevancia entre sus interesados, con el propósito de mejorar el consumo de energía. Temática, en donde, se han logrado alcanzar resultados prometedores, gracias al uso de sustancias, como los biocombustibles, los cuales se elaboran a partir de material tanto vegetal como de origen animal. Sustancia que ha sido categorizada como amigable con la naturaleza, por un lado, y como, una energía renovable, por el otro.

Así mismo, es considerada la energía del futuro, razón por la cual, este trabajo se orientó a la revisión de la valoración económica de estos proyectos, incluyendo un punto de vista financiero, abarcando desde su ciclo de estructuración la medición de impactos desde la óptica de la sostenibilidad.

Por consiguiente, el objetivo general del estudio fue el de determinar e identificar en la literatura los métodos, herramientas y técnicas empleadas para la evaluación económica de proyectos relacionados con biocombustibles. Siendo sus objetivos específicos: i) Identificar los modelos de evaluación económica usados en este tipo de proyectos; ii) Reconocer los criterios utilizados en la evaluación económica; y iii) Estructurar una metodología para la evaluación económica del proyecto de biocombustibles sostenible.

Por su parte, la metodología empleada en este estudio se fundamentó en las tres macrooperaciones que se citan a continuación: primera macrooperación, construcción de la bitácora de investigación sobre la evaluación económica de proyectos de biocombustibles, usando las bases de datos de la Universidad Militar Nueva Granada. Segunda macrooperación, desarrollo del metaanálisis a la bitácora de investigación construida en el paso anterior. Última macrooperación, elaboración del estado actual de la evaluación económica de proyectos de biocombustibles.

En síntesis, las metodologías usadas para la toma de decisiones económicas tanto estratégicas como operacionales de proyectos de biocombustibles, en términos generales, están fundamentadas en la valoración de la materia prima con soporte en procesos de simulación, siendo el aplicativo más popular: "Aspen Plus", el cual, al adquirir determinada información presenta como resultado una serie de diseños, gráficos, estimaciones, cronogramas, análisis de inversión, costos de compra, correlación de costos, información que como conjunto, facilita la interpretación de la evaluación económica de proyectos.

De igual manera, este estudio se aúna al conocimiento factico de la evaluación económica de proyectos de biocombustibles, frente al manejo que se le debe dar a los costos unitarios con base en su proceso productivo, ya sea, por costeo ABC o por órdenes de producción, como también, se pone de lado de los expertos en esta materia, en relación al conocimiento general, al ser administrado por el gestor de proyectos, con respecto al manejo de los diferentes costos modulares en que están inmersas estas alternativas de inversión, a fin de que sean sostenibles.

Palabras clave: análisis económico; biocombustibles; eficiencia energética; evaluación económica

Abstract

Energy efficiency is a well-studied phenomenon, which over time has been a relevant issue among its stakeholders, with the purpose of improving energy consumption. Theme, where promising results have been achieved, thanks to the use of substances, such as biofuels, which are made from both plant and animal material. Substance that has been categorized as friendly to nature and as a renewable energy.

Likewise, it is considered the energy of the future, therefore, this work was oriented to the review of the economic valuation of this type of projects, including financial point of view, ranging from its structuring cycle the measurement of impacts from the perspective of sustainability.

Therefore, general objective of the study was to determine and identify in the literature: methods, tools and techniques used for the economic evaluation of projects related to biofuels. Being its specific objectives: i) Identify the models of economic evaluation used in this type of projects; ii) Recognize the criteria used in the economic evaluation; and iii) Structure a methodology for the economic evaluation of the sustainable biofuels project.

For its part, the methodology used in this study was based on the three macro-operations listed below: first macro-operation, construction of the research log on the economic evaluation of biofuel projects, using the databases of the New Military University Grenade. Second macrooperation, development of the meta-analysis to the research log built in the previous step. Last macrooperation, elaboration of the current state of the economic evaluation of biofuel projects.

In summary, the methodologies used in the economic decision-making, both strategic and operational, of biofuel projects, in general terms, are based on the valuation of the raw material with the



support of simulation processes, the most popular application being: " Aspen Plus", which, when acquiring certain information, presents as a result a series of designs, graphs, estimates, schedules, investment analysis, purchase costs, cost correlation, information that as a whole, facilitates the interpretation of the economic evaluation of Projects.

Similarly, this study adds to the factual knowledge of the economic evaluation of biofuel projects, compared to the management that should be given to unit costs based on their production process, either by ABC costing or by production orders, as well as, side with the experts in this matter, in relation to general knowledge, being managed by the project manager, regarding the management of the different modular costs in which these investment alternatives are immersed, in order that they are sustainable.

Keywords: *biofuel; economic analysis; economic evaluation; energy efficiency*

1. Introducción

Con el paso del tiempo se ha evidenciado como el ser humano en busca de satisfacer sus necesidades ha avanzado de manera insostenible, generando de esta manera un desgaste excesivo de diversidad de recursos sin medir la magnitud de repercusiones que poseen sus acciones y, por ende, no ha sido capaz de dimensionar la cantidad de daños que generan a diario su falta de conciencia ambiental para el planeta. Sin embargo, como bien se conoce actualmente existen varias medidas para contribuir a la sostenibilidad además de reciclar como lo es el implementar alternativas renovables, algunas como la eficiencia energética, ya que si se profundiza un poco al respecto del tema puede decirse que es impactante la cantidad de energía que consume la sociedad en sus actividades cotidianas (Schallenberg Rodríguez, y otros, 2008).

De esta manera, se ha evidenciado que la eficiencia energética ha sido un tema de gran relevancia debido a que es un fenómeno que ha generado grandes ventajas y beneficios para el auge de la sostenibilidad del planeta, puesto que es un tema que está en la constante búsqueda de mejorar el consumo de energía en las diversas actividades sin disminuir su productividad, como lo menciona (Linares Llamas, 2009). Eficiencia energética que ha logrado alcanzar resultados prometedores, gracias al uso de productos como los biocombustibles.

Ahora bien, es de vital importancia conocer que los biocombustibles son sustancias elaboradas a través de material vegetal, aceite usado y de sebo de origen animal, lo que genera que sea categorizado como un componente amigable con la naturaleza y que se caracterice como una energía renovable, logrando de esta manera mitigar en gran parte los impactos que producen las energías no renovables del combustible tradicional. Por esta razón, es relevante que todo proyecto que se desarrolle y que se encuentre involucrado de forma directa con el medio ambiente se le elabore una serie de valoraciones no solo a nivel medioambiental sino también desde un punto de vista químico, técnico, social y económico, con la finalidad de realizar un seguimiento que permita medir a futuro la evolución del mismo.



Por ende, es relevante profundizar con respecto al desarrollo e implementación de la evaluación económica de proyectos ambientales debido a que además de ser una herramienta que favorece la toma de decisiones, permite establecer de cierta manera valores cuantitativos a diferentes bienes y servicios que son suministrados por recursos naturales; evaluando de esta manera una importancia a nivel económico de los servicios de la naturaleza a explotar y una estimación tanto de costos como de beneficios que se encuentran asociados a los ecosistemas que se afectarán, sin dejar de lado la sostenibilidad medioambiental y la conservación de los recursos naturales a emplear como lo expone (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

2. Metodología

La metodología aplicada en el presente documento se fundamentó de tres macrooperaciones con la finalidad de identificar a partir de cincuenta y un artículos científicos consultados, cuál puede ser una posible base para la evaluación económica de un proyecto en este caso siendo los biocombustibles, cuáles son los métodos rentables, cuáles no lo son, y cuál es el mejor camino para la mejor solución en el desarrollo del mismo.

Por ende, en primer lugar, se realizó la construcción de la bitácora de investigación sobre la evaluación económica de proyectos de biocombustibles, a partir de la cual, se buscaba recolectar información cualitativa basada en: i) Artículos científicos; ii) Tesis de maestría; y iii) Tesis Doctorales. Bitácora que recogió las siguientes contribuciones: el título del manuscrito científico, los autores, ¿Qué hicieron?, ¿Cómo lo hicieron?, ¿A qué resultado llegaron?, citación bajo el estilo APA, el identificador de objeto digital (DOI) o etiquetas de hipertexto (Link), el portal de investigación, el país, el tipo de documento, la fecha de publicación, las palabras clave, y si se requería el nombre de la revista/editorial. En este paso se utilizó la ecuación de búsqueda en formato binaria.

En segundo lugar, se procedió con la valoración de los productos científicos contenidos en la bitácora de investigación obtenida en el paso anterior, siguiendo los lineamientos de la estructura operacional de Colín, por medio de la cual, se configuro el metaanálisis base del presente estudio, así: Código del producto científico, calificación una a una de trece preguntas de categorización, puntaje total, promedio, calificación y decisión. La decisión obedece a la aceptación de la calidad del manuscrito, la cual, debía contener un puntaje total mínimo de 32 sobre la base máxima de los 52 puntos totales, que pudieron ser adjudicables a un producto científico base de análisis (García-Castellanos, 2016).

En último lugar, se desarrolló el estadígrafo de precisión con base en Diagramas $X_{\text{Barra}}-R$ sobre aquellos manuscritos de calidad, que fueron categorizados bajo la regla de decisión del paso anterior. A su vez, se aplicó un análisis de varianza, por un lado, y se cuantifico su intervalo de confianza con un nivel de significancia del 5%, por el otro, todo ello, permitió validar si dichos productos científicos son conducentes, a soportar el desarrollo del estudio base de análisis (García-Castellanos, 2016; Bolaños-Díaz, & Calderón-Cahua, 2014).



3. Resultados

3.1. Caracterización de todos los documentos consultados

A partir de la información consultada, usando las bases de datos de la Universidad Militar Nueva Granada y haciendo uso de algunos repositorios de la misma como: Google Académico, DIALNET, ScienceDirect, Web of Science, Redalyc, Scielo, Engineering Village y Scopus, frente a la evaluación económica del uso o producción de biocombustibles, haciendo uso de ecuaciones de búsqueda como: evaluación económica de uso de biocombustible, evaluación económica uso bioetanol, economic evaluation use of biofuels, economic evaluation of the use of biogás, evaluación económica uso de biodiesel, economic evaluation use of bioethanol, Evaluación económica uso de biogás, nomes+de+óleos+de+origem+amazónica y Economic evaluation of biofuels and economic evaluation of bioethanol, se lograron obtener diversos tipos de documentos correspondientes a cuarenta y un artículos científicos, seis tesis de maestrías, una tesis doctoral, un libro y dos artículos de conferencia con respecto al tema. Dentro de los cuales el 24% de las investigaciones encontradas correspondían a documentos en español, el 71% a documentos en inglés y el 5.88% a documentos en portugués.

Ahora bien, en la figura 1, se observa cómo ha sido el comportamiento de las investigaciones realizadas con respecto a la evaluación económica del uso y producción de biocombustibles, en donde además de ser un fenómeno que está en auge por cuestiones de beneficios medioambientales y sostenibles porque son renovables y energéticos, también se evidencia que este es un tema que ha estado presente y que se ha estudiado desde hace unos años atrás, como por ejemplo, lo es en este caso del año 2004 con el estudio de (Embrapa Amazonia Oriental., 2004) en el que se trabaja la evaluación económica de biocombustibles obtenidos de la palma aceitera de la Amazonia de Brasil en donde tras treinta años de investigación, análisis y siembra lograron establecer a nivel histórico el costo tanto de producir como de vender en el mercado del aceite de la misma. Por ende, se tienen en cuenta diferentes costos para la evaluación económica como lo son: el costo de la plantación, el costo de la tierra, el costo de la planta de proceso y se trabajó un cronograma financiero de implementación para nueve años.

Asimismo, se logró evidenciar que el tema de la evaluación económica de biocombustibles es un tema a trabajar que con el paso de los años ha cogido más peso y ha generado una mayor importancia, ya que como se observa en la Figura 1 en los años 2020 y 2021 las investigaciones con respecto al tema incrementaron en gran medida. Así como también, tras haber transcurrido muy pocos meses en el año actual, se evidencio que es un tema al cual sigue en constantes investigaciones como lo demostraron (Rajendran, N., & jeehoon, H., 2022) en el artículo *"Techno-economic analysis of food waste valorization for integrated production of polyhydroxyalkanoates and biofuels"*; (Turner, M., & Saville, B., 2022) en el artículo *"Technoeconomic evaluation of protein-rich animal feed and ethanol production from palm kernel cake"*; (De Souza, T. A. Z., Pinto, G. M., Julio, A. A. V., Coronado, C. J. R., Perez-Herrera, R., Siqueira, B. O. P. S., da Costa, R. B. R., Roberts, J. J., & Palacio, J. C. E., 2022) en el artículo *"Biodiesel in South American countries: A review on policies, stages of development and imminent competition with hydrotreated vegetable oil"*; (C. -Y. Lee, W. -C. Sun and Y. -H. Li., 2022) en el artículo *"Biodiesel Economic Evaluation and Biomass Planting Allocation Optimization in Global Supply Chain"*; y, (Pooja Sharma, Lohit Kumar



Srinivas Gujjala, Sunita Varjani, Sunil Kumar, 2022) en el artículo *“Emerging microalgae-based technologies in biorefinery and risk assessment issues: Bioeconomy for sustainable development”*.

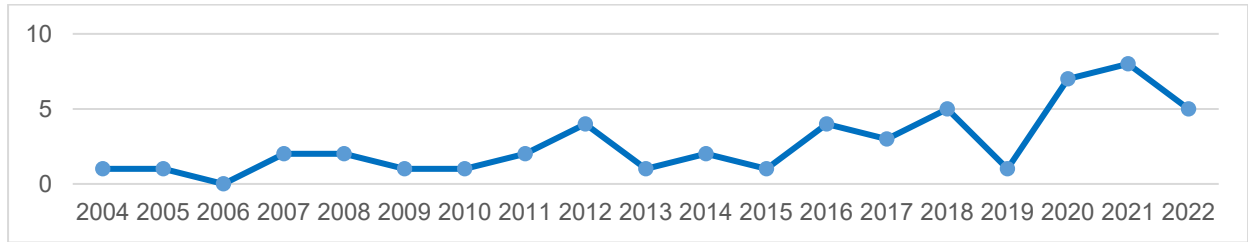


Figura 1. Fechas de publicación de investigaciones sobre evaluación económica de biocombustibles

Por otra parte, a partir de la información obtenida en los documentos recolectados se elaboró una nube de palabras con la finalidad de conocer dentro de los documentos consultados cuál era el país que aparecía con mayor frecuencia en las investigaciones, en donde se obtuvo como resultado que Colombia se encuentran posicionado en los primeros lugares en la investigación del mismo como se muestra en la Figura 2. De hecho, si se detalla un poco más a fondo, se evidencia que Colombia ha seguido su investigación en la línea de biocombustibles hasta ahora puesto que ha venido presentando investigaciones previas de la misma en años como 2005, 2007, 2008, 2011, 2013, 2016 y 2017. De igual manera, se evidencia que Brasil se sitúa como otro de los países clave en esta investigación realizada con respecto a la evaluación económica de biocombustibles debido a que se encontraron cinco documentos pertenecientes al mismo, siendo estos de años como el 2004, 2007, 2009 y 2018. Asimismo, se evidencio que a pesar de que países como Argentina, India, Indonesia, República de Corea y Taiwán no presentan tantas investigaciones en la búsqueda realizada, si poseen una gran significancia debido a que son los países que realizaron los estudios e investigaciones de la valoración económica de biocombustibles en los primeros meses del año presente (2022).



Figura 2. Países de origen de las investigaciones del uso de biocombustible

3.2. Selección de los documentos

A partir de los resultados del análisis cuantitativo de la bitácora de investigación al haber realizado las preguntas pertinentes a cada uno de los documentos, se obtuvo como resultado un total de veintisiete documentos que no fueron aceptados debido a que algunos de sus ítems al ser evaluados

no cumplieran con los requerimientos que se pedían en su totalidad, y un total de veinticuatro documentos aprobados los cuales fueron seleccionados para trabajar puesto que estos documentos fueron todas aquellas investigaciones que quedaron con el puntaje más alto porque cumplían con la mayor parte de requerimientos establecidos.

La figura 3, presenta un gráfico de control de los documentos categorizados como soporte del estudio que están dentro de los límites definidos, demostrando que esta literatura cumple con las condiciones para hacer parte del estudio.

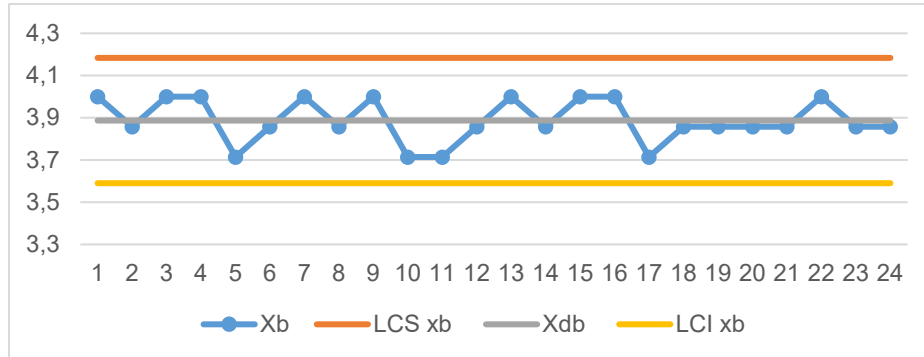


Figura 3. Diagrama X_{Barra} documentos aceptados de la evaluación económica

3.3. Metodología para la evaluación económica del proyecto de biocombustibles

Los documentos aceptados brindaron unos resultados basados en el manejo de metodologías de toma de decisiones sobre la forma de hacer la evaluación económica de biocombustibles, los cuales se conforman de procesos de simulación en diferentes softwares, herramientas de Microsoft Office como Excel, diferentes costos y diferentes cálculos de inversión como la TIR, el VAN, el PBP y el ROI, e indicadores de rentabilidad.

Por una parte, se soportan en procesos de simulación siendo el software más empleado “Aspen Plus” ya que se identificó que siete de los autores optaron por emplear este método para realizar la evaluación económica de sus proyectos. Debido a que basado en las investigaciones de (Montoya, M. I., Quintero, J. A., Sánchez, O. J., & Cardona, C. A., 2005), (Cabrera Camacho, C.E., 2020), (Montoya Rodríguez, M., 2008) y (Zhu, Z., Liu, Y., Cong, W., Zhao, X., Janaun, J., Wei, T., & Fang, Z., 2021) es un software que les permitió desarrollar todos sus cálculos ya que al adquirir determinada información presenta como resultado una serie de diseños, gráficos, estimaciones, cronogramas, análisis de inversión, costos de: compra, capital, operación y trabajo, correlación de costos y una modificación en la inflación, así como también, el análisis de inversión y un diseño detallado del mismo, para facilitar su interpretación en la evaluación económica de proyectos.

En donde, también es una herramienta de simulación que permite realizar balances tanto de masa y materia como de energía de la simulación, como lo emplearon en sus artículos (Parra Ramírez, D., 2017) y (Quintero, A. J., Felix, E. R., Rincon, L. E., Crisspin, M., Baca Fernande, J., Khwaja, Y., & Cardona, C. A., 2012); en el que en el que también se puede obtener de diferentes rutas de

producción con la finalidad de lograr una rentabilidad de las mismas como lo trabajo en su investigación (Hossain, M. S., Theodoropoulos, C., & Yousuf, A., 2019).

Asimismo, se evidencio que otro de los procesos de simulación en los que se soporta la evaluación económica en los artículos es con el software "SuperPro", debido a que se empleó el uso del mismo para la elaboración de los cálculos y los análisis de sus investigaciones por parte de tres autores, pues como lo menciono y desarrolló en su trabajo (Harahap, A. F. P., Panjaitan, J. R. H., Curie, C. A., Ramadhan, M. Y. A., Srinophakun, P., & Gozan, M., 2020) es un software que posee la capacidad de ejecutar análisis económicos integrales, en donde realiza cálculos detallados de la tasa interna de retorno(TIR), el valor presente neto(VAN), el periodo de recuperación(PBP), el retorno de la inversión(ROI) y los gastos operativos; proceso que empleo de igual manera (Rajendran, N., & jeehoon, H., 2022) y (Gebremariam, S. N; Marchetti, J. M., 2021) para el desarrollo de la evaluación económica de su proyecto.

Sin embargo, se evidencio que autores como (Cozendey da Silva, H. N., Martinez Prata, D., Alves Lima, G. B., Perez Zotes, L., & Veiga Mattos, L., 2018) calcularon de igual manera el VPN, el ROI y el costo de capital promedio ponderado(WACC) en su investigación, pero emplearon para el desarrollo del análisis económico del proyecto otro tipo de simulador como lo fue el software "Uni-Sim" y la herramienta de Microsoft Office Excel. Igualmente, se evidencio que autores como (Muñoz Lagos, R. E., Ortega Blu, R. A., Acosta Espejo, L. G., & González Platteau, R. A., 2010) realizaron el cálculo y análisis económico del costo de operación, el VAN y el TIR a partir Excel. Asimismo, también se observó que autores como (Harahap, A. F., Ramadhan, M. Y., Sahlan, M., Hermansyah, H., Roslan, A. M., & Gozan, M., 2020) realizaron este tipo de cálculos del VAN, PBP, TIR, ROI y el punto de equilibrio sin apoyo de alguna herramienta o software en especial.

Por otra parte, se evidencio que otros autores como (Zapata, C. D., Martínez, I. D., Arenas Castiblanco, E., & Henao Uribe, C. A., 2007), (Chong, T. Y., Cheah, S. A., Ong, C. T., Wong, L. Y., Chern Rui Goh, I. S., Henry Chee Yew Foo, M. K., & Lim, S., 2020), (Cisneros López, M. A., García Salazar, J. A., Mora Florez, J. S., Matínez Damian, M., García Sanche, R., Valdez Lazalde, J., & Portillo Vazquez, M., 2016), (Ge, Y., Dabagneh, F., & Li, L., 2017), (Sandouqa, A., & Al-Hamamre, Z., 2021), (Kumar, A., Vachan Tirkey, J., & Kumar Shukla, S., 2021), (Embrapa Amazonia Oriental, 2004) y (Ocampo Batlle, E. A., Escobar Palacio, J. C., Silva Lora, E. E., Da Costa Bortoni, E., Horta Nogueira, L. A., Carrillo Caballero, G. E., Vitoriano Julio, A., & Cárdenas Escorcía, Y., 2021) soportan la evaluación económica de sus proyectos a partir del cálculo y estudio de diferentes costos: de capital, de los equipos, operativos, de materiales, totales y unitarios de producción, de mantenimiento, de plantación, de la tierra, de la planta de proceso, de inversión; al igual que, la inversión de capital total. Sin embargo, se evidencio que autores como (Kachrimanidou, V., Ioannidou, S. M., Ladakis, D., Papapostolou, H., Kupsahelis, N., Koutinas, A. A., & Kookos, I. K., 2021) y (González Delgado, A. D., Peralta Ruiz, Y., & Kafarov, V., 2016) optaron por desarrollar los cálculos a partir del método de Lang.

Por último, los resultados de los documentos también se soportan a partir del uso y la función que se les dan a los costos unitarios con base en su proceso productivo, ya sea, por costeo ABC o por órdenes de producción como lo trabajó en su investigación (Cisneros López, M. A., García Salazar, J. A., Mora Florez, J. S., Matínez Damian, M., García Sanche, R., Valdez Lazalde, J., & Portillo



Vazquez, M., 2016), así como también, se pone de lado de los expertos en esta materia, en relación al conocimiento general con diferentes alternativas de inversión y con miras al aporte de la sostenibilidad.

4. Conclusiones

A partir del trabajo y las investigaciones elaboradas, puede concluirse que es evidente como el implementar la evaluación económica a proyectos ambientales trae múltiples beneficios, puesto que además de brindarle un valor a nivel monetario a la naturaleza también es posible establecer un aproximado del tiempo en el que se recuperara tanto la inversión generada en el proyecto, así como también, la recuperación del impacto ambiental generado en el mismo.

Asimismo, se evidencio que la valoración económica de biocombustibles es un tema que actualmente se encuentra en auge y que es relevante continuar con estas evaluaciones a futuro, debido a que esta sustancia es una gran contribución para el logro de las metas relacionadas con sostenibilidad y es una de los fenómenos que aporta grandes beneficios a la naturaleza a partir de la eficiencia energética. Por ende, es importante brindarle apoyo a todos aquellos estudios que realicen este tipo de evaluaciones a sus proyectos.

Por último, puede concluirse que es evidente como la evaluación económica de proyectos ambientales no presenta una forma estipulada a nivel económica para los recursos naturales a trabajar y siempre se tendrán que implementar diferentes tipos de herramientas, ya que la valoración dependerá del recurso a explotar, y no siempre será el mismo. Sin embargo, algunas de las herramientas clave que pueden ser un apoyo en este tipo de valoración sin importar el recurso a explotar es algún tipo de software de simulación como lo es Aspen Plus o SuperPro, ya que se ha evidenciado que son herramientas útiles para implementar en este tipo de evaluaciones; al igual que, el determinar los diferentes costos, con la finalidad de establecer siempre un retorno de inversión (ROI) con respecto al proyecto.

5. Agradecimientos

Producto derivado del proyecto INV-ING-3484 financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada - Vigencia 2021-2022, con la colaboración científica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

6. Referencias

- Bolaños-Díaz, R., & Calderón-Cahua, M. (2014). Introducción al meta-análisis tradicional. *Revista de Gastroenterología del Perú*, 34(1), 45-51. ISSN 1022-5129.
- C. Y. Lee, W. C. Sun and Y. H. Li. (2022). Biodiesel Economic Evaluation and Biomass Planting Allocation Optimization in Global Supply Chain.in *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 69, no. 3, pp. 602-615



- Cabrera Camacho, C.E. (2020). Estudio tecno-económico y análisis de ciclo de vida de la producción de biobutadieno a partir de bioetanol. (Tesis Doctoral Inédita). Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Chong, T. Y., Cheah, S. A., Ong, C. T., Wong, L. Y., Chern Rui Goh, I. S., Henry Chee Yew Foo, M. K., and Lim, S. (2020). Techno-economic evaluation of third-generation bioethanol production utilizing the macroalgae waste: A case study in Malaysia. *Energy*.
- Cisneros López, M. A., García Salazar, J. A., Mora Florez, J. S., Martínez Damian, M., García Sánchez, R., Valdez Lazalde, J., and Portillo Vazquez, M. (2016). Evaluación económica con opciones reales: Biorefinería de bioetanol de segunda generación en Veracruz, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 397-413.
- Cozendey da Silva, H. N., Martinez Prata, D., Alves Lima, G. B., Perez Zotes, L., and Veiga Mattos, L. (2018). A techno-economic evaluation of the energy generation by proton exchange membrane fuel cell using biogas reforming. *Revista Cleaner Production*, 598-608.
- De Souza, T. A. Z., Pinto, G. M., Julio, A. A. V., Coronado, C. J. R., Perez-Herrera, R., Siqueira, B. O. P. S., da Costa, R. B. R., Roberts, J. J., and Palacio, J. C. E. (2022). Biodiesel in South American countries: A review on policies, stages of development and imminent competition with hydrotreated vegetable oil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111755>
- Embrapa Amazonia Oriental. (2004). Viabilidade Técnica e Econômica de Produção de Ésteres de Óleo de Palma, para Utilização como Substituto de Óleo Diesel. na Amazônia. Embrapa Amazonia Oriental.
- García-Castellanos, H. (2016). Modelo estructural de factores críticos de éxito para la gestión de proyectos industriales [Tesis de Doctorado, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez]. Repositorio Institucional – Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.
- Ge, Y., Dabagneh, F., and Li, L. (2017). Economic Evaluation of Lignocellulosic Biofuel Manufacturing Considering Integrated Lignin Waste Conversion to Hydrocarbon Fuels. *Procedia Manufacturing*, 112-122.
- Gebremariam, S. N., and Marchetti, J. M. (2021). Process simulation and techno-economic performance evaluation of alternative technologies for biodiesel production from low value non-edible oil.
- González Delgado, A. D., PeraltaRuiz, Y. and Viatcheslav, K. (2016). Ajuste experimental y evaluación económica de la extracción HBE de aceite de microalgas para biocombustibles y bioproductos. *PROSPECTIVA*, 14(2),45-52. ISSN: 1692-8261.
- Harahap, A. F. P., Panjaitan, J. R. H., Curie, C. A., Ramadhan, M. Y. A., Srinophakun, P., and Gozan, M. (2020). Techno-Economic Evaluation of Hand Sanitiser Production Using Oil Palm Empty Fruit Bunch-Based Bioethanol by Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) Process. *Applied Sciences*, 10(17), 5987
- Harahap, A. F., Ramadhan, M. Y., Sahlan, M., Hermansyah, H., Roslan, A. M., and Gozan, M. (2020). Economic evaluation of thermochemical conversion for rice straw-based-second generation bioethanol production in West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
- Hossain, M. S., Theodoropoulos, C., and Yousuf, A. (2019). Techno-economic evaluation of heat integrated second generation bioethanol and furfural coproduction. *Biochemical Bioengineering Journal*, 89-103.
- Kachrimanidou, V., Ioannidou, S. M., Ladakis, D., Papapostolou, H., Kopsahelis, N., Koutinas, A. A., and Kookos, I. K. (2021). Techno-economic evaluation and life-cycle assessment of poly(3-hydroxybutyrate) production within a biorefinery concept using sunflower-based biodiesel industry by-products.
- Kumar, A., Vachan Tirkey, J., and Kumar Shukla, S. (2021). "Comparative energy and economic analysis of different vegetable oil plants for biodiesel production in India."
- Linares Llamas, P. (2009). Eficiencia energética y medio ambiente. *Economía y medio ambiente - ISSN 0019-977X*, 75-92.
- Lizarazo Hernández, S. (2013). Evaluación técnico económica de la producción de bioetanol a nivel experimental a partir de almidón de papa en el Departamento de Boyacá
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Guía de Aplicación de la Valoración Económica Ambiental*. Oficina de Negocios Verdes y Sostenibles, Bogotá, Colombia. Obtenido de



[http://www.andi.com.co/Uploads/Gu%C3%ADa%20de%20Aplicaci%C3%B3n%20de%20la%20Valoraci%C3%B3n%20Econ%C3%B3mica%20Ambiental%20\(00000002\).pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/Gu%C3%ADa%20de%20Aplicaci%C3%B3n%20de%20la%20Valoraci%C3%B3n%20Econ%C3%B3mica%20Ambiental%20(00000002).pdf)

- Montoya Rodríguez, M. (2008). Evaluación integral de la eficiencia económica y ambiental de procesos para la obtención de biodiesel.
- Montoya, M. I., Quintero, J. A., Sánchez, O. J., and Cardona, C. A. (2005). Evaluación económica del proceso de obtención de alcohol carburante a partir de caña de azúcar y maíz. *Revista Universidad EAFIT*, 41(139), 76-87.
- Muñoz-Lagos, Roberto E., Ortega-Blu, Rodrigo A., Acosta-Espejo, Luis G., and González-Platteau, Rodrigo A. (2010). Biocombustibles en Chile. II. Evaluación económica de la elaboración de biocombustibles. *Agrociencia*, 44(7), 849-859
- Ocampo Batlle, E. A., Escobar Palacio, J. C., Silva Lora, E.E., Da Costa Bortoni, E., Horta Nogueira, L.A., Carrillo Caballero, G. E., Vitoriano Julio, A., and Cárdenas Escorcía, Y. (2021) Energy, economic, and environmental assessment of the integrated production of palm oil biodiesel and sugarcane ethanol, *Journal of Cleaner Production*, Volume 311
- Parra Ramírez, D. (2017). Evaluation of the biobutanol production from two agroindustrial wastes generated in the coffee growing region: plantain peel and milk whey.
- Pooja Sharma, Lohit Kumar Srinivas Gujjala, Sunita Varjani, and Sunil Kumar, (2022). Emerging microalgae-based technologies in biorefinery and risk assessment issues: Bioeconomy for sustainable development, *Science of The Total Environment*, Volume 813
- Quintero, A. J., Felix, E. R., Rincon, L. E., Crisspin, M., Baca Fernande, J., Khwaja, Y., and Cardona, C. A. (2012). Social and techno-economical analysis of biodiesel production in Peru. *ENERGY POLICY*, 427-435.
- Rajendran, N., and Jeehoon, H. (2022). Techno-economical analysis of food waste valorization for integrated production of polyhydroxyalkanoates and biofuels. *Bioresource Technology*.
- Sandouqa, A., and Al-Hamamre, Z. (2021). Economical evaluation of jojoba cultivation for biodiesel production in Jordan. *Renewable Energy*, 1116-1132.
- Schallenberg Rodríguez, J., Piernavieja Izquierdo, G., Hernández Rodríguez, C., Unamunzaga Falcón, P., García Déniz, R., DíazTorres, M., . . . Subiela Ortin, V. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Canarias: de la edición, 2008 Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. ISBN 978-84-69093-86-3.
- Turner, M., and Saville, B. (2022). Technoeconomic evaluation of protein-rich animal feed and ethanol production from palm kernel cake. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 105-121.
- Zapata, C. D., Martínez, I. D., Arenas Castiblanco, E., and Henao Uribe, C. A. (2007). Producción de biodiesel a partir de aceite crudo de palma: 2. Evaluación económica.
- Zhu, Z., Liu, Y., Cong, W., Zhao, X., Janaun, J., Wei, T., and Fang, Z. (2021). Soybean biodiesel production using synergistic CaO/Ag nano catalyst: Process optimization, kinetic study, and economic evaluation.

Sobre los autores

- **Anny Astrid Espitia Cubillos:** Ingeniera Industrial, Magister en ingeniería (Área: industrial), Profesora asociada de la Universidad Militar Nueva Granada. anny.espitia@unimilitar.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-4791-0250>
- **Laura Fernanda Ovalle Córdoba:** Estudiante de octavo semestre de Ingeniera Industrial de la Universidad Militar Nueva Granada. est.laura.ovalle2@unimilitar.edu.co



- **Óscar Palacio León:** Ingeniero Industrial, Magister en ingeniería (Área: industrial), Doctor en proyectos. Profesor asociado de la Universidad Militar Nueva Granada. oscar.palacio@unimilitar.edu.co <https://orcid.org/0000-0003-2417-311X>

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

