

ARTÍCULO ORIGINAL

Análisis crítico de la inversión en energías renovables. Enfoque socioeconómico

Critical Analysis of the Investment in Renewable Energies: A Socioeconomic Approach

Ariel Manuel Martín Barroso,^I Grisell Leyva Ferreiro^{II}

^I Universidad de Sancti Spíritus, Cuba

^{II} Universidad de La Habana, Cuba

Resumen

En el presente artículo se realiza un estudio crítico, con un enfoque socioeconómico y sostenible, de la evaluación actual de la inversión en energías renovables. La búsqueda bibliográfica, acompañada del análisis ejecutado, sugiere la existencia de varias categorías que pueden enmarcar la evaluación de la inversión en este sector, de manera que aportan conocimientos para desarrollar un futuro procedimiento evaluativo. Predomina, en principio, una visión internacional y, finalmente, se refiere esta cuestión en el entorno cubano mediante una muestra de proyectos que se desarrollan en la provincia Sancti Spíritus.

Palabras clave: energía renovable, evaluación socioeconómica, inversión.

Abstract

In this paper, the current assessment of the investment in renewable energies is critically analyzed, with a sustainable and socioeconomic approach being adopted. The literature reviewed, along with the analysis performed, suggests that there are several categories to which the assessment of the investment in this sector can be assigned, so that they provide knowledge to develop a future assessment procedure. Internationally held views on this matter are mostly shown. Regarding the

situation in Cuba, some of the projects being developed in the province of Sancti Spiritus are shown in the last section.

Keywords: *Renewable Energy, Socioeconomic Assessment, Investment.*

Introducción

Las decisiones de inversión resultan cada día más problemáticas debido a la complejidad actual de los sistemas socioeconómicos y a las particularidades del sector que se evalúe. Dentro de los objetivos prioritarios en el sector energía se encuentra diversificar la matriz energética con el uso de fuentes de energía renovables (Navarro, 2017), pues ellas han demostrado sus beneficios para la sociedad. A pesar de las críticas que ha suscitado la inversión en este sector por sus altos costos, los beneficios a mediano y largo plazos son elementos medulares a tener en cuenta.

El presente artículo tiene como propósito exponer críticamente la evaluación de inversiones energéticas renovables, tanto en el entorno internacional como en el nacional. En sentido general, se aprecia un crecimiento, aunque quizás no tan rápido como se pretende, del enfoque de inversión socialmente responsable (en inglés SRI). Este tipo de inversión, según Pereira (2016), complementa los buenos indicadores económicos con la presencia de un índice de sustentabilidad fundamentado en la dimensiones económica, social, ambiental y de gobierno corporativo.

En la búsqueda bibliográfica realizada, se destacan dos enfoques fundamentales para evaluar un proyecto de inversión: el privado y el social o socioeconómico (Fontaine, 2008). En el sector renovable predominan las evaluaciones privadas, aunque existen algunos casos de análisis socioeconómico, ya que este permite evaluar el proyecto en un espectro más amplio.

1. Análisis metodológico general

La revisión documental demuestra una heterogeneidad en las metodologías para evaluar inversiones renovables. Se destacan las siguientes apreciaciones:

1. Existe una alta presencia de la evaluación multicriterio (en inglés MCDM), donde se combinan variables cualitativas y cuantitativas. Predomina, en cierta medida, el proceso analítico jerárquico (en inglés AHP). Entre los autores que sustentan esta opinión se hallan Russi (2007); Parodi (2013); Afsordegan (2015); Varela y Sánchez (2015); Ishizaka *et al.* (2016) y Asadi y Sadjadi (2017).
2. Se observa un enfoque integral en la evaluación, que complementa la rentabilidad económica con el cuidado del medio ambiente (MA) y el impacto social del proyecto en la comunidad. Entre los autores que comparten esta visión se encuentran Parodi (2013) y Blanco *et al.* (2014).

2. Evaluación socioeconómica

El análisis bibliográfico sugiere que la cantidad de investigaciones de evaluación socioeconómica, desde la óptica de las finanzas y en el sector renovable, no es numerosa en comparación con el número considerable de artículos sobre proyectos energéticos. Los análisis socioeconómicos que predominan se relacionan con el enfoque de proyecto sostenible, así como con estudios cualitativos de aspectos sociales o cuantitativos desde una perspectiva privada.

Dentro del selecto grupo de trabajos con aplicaciones a las finanzas sociales se localizaron Ministerio de Hacienda (2000); Florio *et al.* (2003, 2008); DGIP (2011); SNIP (2011); BID (2013); EIB (2013); García *et al.* (2013); UDT (2013); Blanco *et al.* (2014); Blanco y Arce (2014); Candia *et al.* (2015); Ministerio de Desarrollo Social (2015) y UPME (2015). Estos y otros textos ofrecen conocimientos significativos para el análisis socioeconómico de las inversiones limpias en cuanto a la identificación de los beneficios y costos sociales fundamentales.

Con el objetivo de establecer las principales categorías socioeconómicas en las que se enmarcan las energías renovables, el proceso de identificación comenzará con un análisis cualitativo general para posteriormente realizar uno económico más específico.

3. Análisis cualitativo general

Las siguientes categorías¹ fueron establecidas de acuerdo a su concurrencia en la revisión bibliográfica, donde se dividen en beneficios y costos para facilitar la comprensión. Se enfatizó en

la actualidad de los contenidos, pues las energías renovables son muy dinámicas. Asimismo, la cantidad de autores es significativa, por lo que se realizó una selección.

Beneficios sociales:

- Reducción de las emisiones de partículas nocivas: se refiere al cuidado del MA mediante la disminución de gases de efecto invernadero que ocasionan perjuicios a la salud humana (Florio *et al.*, 2008; Blanco y Arce, 2014; Campbell *et al.*, 2014; Ueckerdt, 2015; UPME, 2015; Reyes, 2016; Romo, 2016).
- Creación de empleos: producción de mejoras mediante la institución de nuevos puestos de trabajo debido a la creciente utilización de las energías renovables (DGIP, 2011; Florio *et al.*, 2003; Campbell *et al.*, 2014; Vergara *et al.*, 2014; Ng, 2015; Radics, 2015; UPME, 2015; Irena, 2016b).
- Ahorro de recursos y reducción de la dependencia de los combustibles fósiles. Aumento de la eficiencia energética (Ministerio de Hacienda, 2000; EIB, 2013; Blanco *et al.*, 2014; Campbell *et al.*, 2014; Sanaei, 2014; Hanes, 2015; UPME, 2015; Irena, 2016^a; Navarro, 2017).
- Aumento del acceso a la energía y sostenibilidad energética: se refiere a la incorporación de nuevos beneficiarios con posibilidades de poseer energía, así como a la prevalencia en el tiempo de los servicios eléctricos debido al abastecimiento de energía diversificado y a la reducción de las importaciones de combustibles fósiles (Irena, 2012a; Balibrea, 2013; García *et al.*, 2013; Campbell *et al.*, 2014; Andersen, 2015; Candia *et al.*, 2015; Navarro, 2017).
- Incremento del PIB debido al efecto que provocan las energías renovables en la macroeconomía por el aumento de su porción en el *mix* energético (Wiesenthal *et al.*, 2012; Parodi, 2013; Campbell *et al.*, 2014; Irena, 2014; Irena, 2016b).
- Reducción del precio de la electricidad al por mayor. En cuanto al precio que afecta al consumidor, no existe consenso aunque la tendencia es al alza (Ippc, 2011; Aguilera, 2012; Campbell *et al.*, 2014; Wiser *et al.*, 2016).
- Reducción de los gastos en el uso del gas natural (Collado, 2009; Martínez, 2013; Campbell *et al.*, 2014; Ortiz, 2015; UPME, 2015; Wiser *et al.*, 2016).

Costos sociales:

- Costos de inversión: incluyen la infraestructura y equipamiento para extender la red eléctrica o instalar un sistema de autogeneración (Florio *et al.*, 2008; Fragoso, 2012; Irena, 2012b; BID, 2013; Irena, 2015; Ministerio de Desarrollo Social, 2015; UPME, 2015; Wiser *et al.*, 2016).
- Costos de operación y mantenimiento: son los que permiten el funcionamiento y mantenimiento del sistema energético. Pueden incluir el precio de la energía y de la potencia, el costo del diésel, de la mano de obra, de los repuestos, y demás (Florio *et al.*, 2008; SNIP, 2011; Irena, 2012b; Irena, 2013; UDT, 2013; UPME, 2015; Wiser *et al.*, 2016).

Existe una tercera acepción de costos que destaca los de externalidades, internalizados por UPME (2015). No obstante, es importante destacar que este proceso posee una cantidad considerable de detractores por incrementar los costos del proyecto y atentar contra la rentabilidad del mismo; sin embargo, actualmente es una necesidad su incorporación con el objetivo de medir el aporte al desarrollo sostenible.

4. Análisis económico específico

Debe tenerse en cuenta, como sugiere SNIP (2011), que la medición de beneficios sociales en el sector energía responde al ahorro de recursos y a la disposición a pagar por los servicios.

Beneficios sociales:

- Costos evitados: representan montos de ahorro e inversión que pueden destinarse a otros fines. Pueden incluir impactos climáticos (reducción de costos financieros por emisiones), control de la contaminación del aire (costos evitados por la compra de equipos de control de contaminación) y seguridad energética (costos prescindidos por la cobertura de riesgos de la volatilidad de los precios en los combustibles fósiles) (Florio *et al.*, 2008; Vergara *et al.*, 2014).
- Beneficios económicos independientes de los costos evitados: de manera simple y por insuficiencia de datos, el análisis se limita a beneficios producidos en la balanza de pago (derivados de la reducción de importaciones de energía o aumento de las exportaciones) y en la creación neta de empleos (se utilizan los factores de empleo de países desarrollado,

y se convierten en términos monetarios según el valor económico anual del empleo (Vergara *et al.*, 2014).

- Ingresos por la venta de energía: incluye gas, electricidad y calor, con sus valoraciones en apropiados precios sombras (Florio *et al.*, 2008).

Costos sociales (Florio *et al.*, 2008, p. 115):

1. Inversión (conocida por la sigla Capex): según UPME (2015) incluye cuatro elementos fundamentales:
 - a) Los costos de infraestructura y las facilidades asociadas al proyecto (*Balance of plant*).
 - b) El costo de los equipos de generación eléctrica.
 - c) El costo de interconexión a la red de transmisión.
 - d) Los costos de desarrollo del proyecto.
2. Operación y mantenimiento (conocidos por la sigla Opex): según UPME (2015, p. 124), en el acápite de operación se distinguen tres componentes fundamentales:
 - a) Componente fija: corresponde a los costos de funcionamiento del proyecto según su tamaño.
 - b) Componente variable: corresponde a costos de funcionamiento pero dependientes de la energía producida.
 - c) El tercer componente incluye las transferencias del sector eléctrico derivadas de las ventas brutas de energía, los costos del servicio de regulación, entre otros.
3. Costos externos: incluye gastos llevados a cabo para neutralizar los posibles efectos negativos en el aire, agua, tierra y otros, durante la construcción y operación de la planta. Además, debe tenerse en cuenta el costo de oportunidad de varias entradas, principalmente en las materias primas al evaluar que la sociedad no puede ofrecerles el mejor uso alternativo.

5. Indicadores de las energías renovables

Las energías renovables están compuestas por los indicadores clásicos de la rentabilidad financiera y socioeconómica: Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual Neto Social (VANS) y Tasa Interna de Retorno Social (TIRS) (Florio *et al.*, 2008; Fontaine,

2008; Aguilera *et al.*, 2011). Sin embargo, se focalizará la atención en indicadores más específicos del sector.

Debido al enfoque actual de la sostenibilidad, la ONU ha dispuesto, en OIEA (2008, p. 13), una serie de indicadores energéticos para el desarrollo sostenible que integran las dimensiones económica, social y ambiental. Para ellas emplean las siglas SOC (social), ECO (económica) y ENV (ambiental). En el aspecto económico se incluyen:

- ECO1: uso de la energía per cápita.
- ECO2: uso de energía por unidad de PIB.
- ECO3: eficiencia de la conversión y distribución de energía.
- ECO4: relación reservas/producción.
- ECO5: relación recursos/producción.
- ECO6: intensidades energéticas de la industria.
- ECO7: intensidades energéticas del sector agrícola.
- ECO8: intensidades energéticas del sector de los servicios/comercial.
- ECO9: intensidades energéticas en los hogares.
- ECO10: intensidades energéticas del transporte.
- ECO11: porcentaje de combustibles en la energía y electricidad.
- ECO12: porcentaje de energía no basada en el carbono en la energía y la electricidad.
- ECO13: porcentaje de energías renovables en la energía y electricidad.
- ECO14: precios de la energía de uso final por combustible y sector.
- ECO15: dependencia de las importaciones netas de energía.
- ECO16: reservas de combustibles críticos por consumo del combustible correspondiente.

Estos indicadores se pueden aplicar en el sector renovable de forma variable (unos más pertinentes que otros) pues las energías limpias van entrando en el mercado energético de manera paulatina y donde prima el uso de combustibles fósiles; sin embargo, es importante tenerlos en cuenta como marco teórico fundamental.

Por otra parte, retomando las categorías definidas en el análisis cualitativo general, la revisión documental sugiere tres grupos de indicadores esenciales:

1. Indicadores que brindan información sobre el desempeño energético (dimensión técnica).
2. Indicadores que brindan información sobre los impactos sociales en las comunidades donde inciden los proyectos (dimensión social).
3. Indicadores que brindan información sobre la actuación económica de los proyectos (dimensión económica).

La presente investigación se centra en la dimensión económica y su interacción con el resto para lograr un análisis integral.

6. Costo nivelado de la energía

En la dimensión económica se destaca el costo nivelado de la energía (en inglés LCOE). Según Parodi (2013); Irena (2015); Vartiainen *et al.* (2015); Zhu *et al.* (2015) y Sing y McCulloch (2016), es una medida común de costos que integra inversión, operación, mantenimiento y combustible y lo analizan como un valor presente por unidad de energía producida. Puede considerarse como el precio constante de la electricidad que se requiere a lo largo de la vida útil para cubrir todos los costos y pagar un aceptable retorno a los inversionistas.

A manera de fórmula, se observan diversas variantes para el LCOE. En este sentido, se ha tomado la de Parodi (2003) por la facilidad de su comprensión:

$$LCOE = \frac{VP(\text{costos})}{VP(Q)} = \frac{\sum \frac{C_k}{(1+i)^k}}{\sum \frac{Q_k}{(1+i)^k}}, \text{ donde:}$$

VP: valor presente
 C: costos de inversión, operación, mantenimiento y combustible
 Q: energía anual a producir
 k: año analizado
 i: tasa de descuento empleada

El LCOE es una medida económico-financiera que responde al enfoque privado de la inversión. Proyectada hacia la evaluación socioeconómica, la revisión bibliográfica sugiere esfuerzos por internalizar costos externos al análisis de la inversión. No obstante, los hallazgos son escasos con respecto al tema y se destacan las consideraciones que presenta UPME (2015). Este documento realiza un trabajo cualitativo muy detallado e inclusive calcula o estima, basado en estudios internacionales sobre todo simulados, diversas externalidades de las energías renovables, delimitadas en los siguientes niveles (p. 127):

1. Externalidades negativas del sistema: hacen referencia a los costos que pueden ser causados por un alto nivel de penetración de las energías renovables en el sistema eléctrico nacional. Incluyen:
 - a) Costos de reserva: surgen por la necesidad de contar con plantas eléctricas tradicionales para generar electricidad en momentos en que las energías renovables presentan baja actividad (vientos débiles, por la noche en el caso de la energía solar, entre otros escenarios).
 - b) Costos de conexión a la red: se pueden incurrir en ellos por el posible requerimiento de construir nuevas líneas de alta tensión, debido a la lejanía frecuente entre los mejores recursos renovables y el sistema de transmisión nacional de electricidad.
 - c) Costos de balance de la red: referidos a los costos adicionales por el manejo de las fluctuaciones eléctricas, debido a la variabilidad de las fuentes renovables.
 - d) Refuerzo y extensión de la red: muy relacionado con los costos de balance; se refiere a los trabajos para reforzar y extender la red debido a las fluctuaciones de la electricidad.
2. Externalidades positivas: se refieren a los beneficios que las energías renovables generan en la sociedad. Incluyen:
 - a) Complementariedad energética de las plantas hidroeléctricas y eólicas: se refiere al complemento de ambas energías según las estaciones del año, en términos del mayor y menor potencial de los recursos energéticos.
 - b) Beneficios ambientales y sociales: coincidiendo con las categorías definidas en el epígrafe análisis cualitativo general, incluye el ahorro de combustibles fósiles, la disminución de emisiones de efecto invernadero con su correspondiente reducción de impactos en la salud, y la desvalorización de los costos de mitigación.

- c) Beneficios económicos: también en concordancia con las categorías mencionadas, incluye el desarrollo económico y la creación de empleo.

Otro aspecto importante es que UPME (2015) proyecta la posibilidad de construir un LCOE social a partir de las externalidades anteriores. Entre las posibles limitaciones de este propósito se hallan:

- No llega a definir matemáticamente al LCOE social, en términos de un indicador de su expresión.
- Los cálculos realizados presentan inconsistencias, al obtener un valor global de costos que incluye inversión, operación, mantenimiento y externalidades. Dichas irregularidades tienen lugar en el sentido de la valoración, pues las externalidades deben estimarse por una tasa social de descuento, mientras que los demás costos pueden valorarse en términos privados o sociales.
- En relación con lo anterior, la recomendación de definir el LCOE social debiera distinguir las tasas referidas mediante la definición de un LCOE social valorado por la tasa social de descuento (evaluación socioeconómica) o de dos LCOE que no pueden mezclarse: privado y social.

A pesar de ello, el trabajo realizado propone el punto de partida para la construcción del LCOE social.

7. Evaluación de inversiones renovables en Cuba

Cuba, como parte de la estrategia de desarrollo de su sistema socialista, se encuentra inmersa en la actualización de su modelo económico y social. El tema de las inversiones, incluyendo las renovables, es una de las áreas priorizadas. Las siguientes proyecciones del PCC (2016) argumentan esta afirmación:

- Lineamiento 88: «las inversiones fundamentales a realizar responderán a la estrategia de desarrollo del país a corto, mediano y largo plazos, erradicando la espontaneidad, la

improvisación, la superficialidad, el incumplimiento de los planes, la falta de profundidad en los estudios de factibilidad y la carencia de integralidad al emprender una inversión» (p. 20).

- Lineamiento 89: «continuar orientando las inversiones hacia la esfera productiva y de los servicios, así como la infraestructura necesaria para el desarrollo sostenible» (p. 21).
- Lineamiento 202: «acelerar el cumplimiento del Programa aprobado hasta el 2030, para el desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía» (p. 44).

Los Lineamientos concuerdan con el Decreto Ley 327 del 2014 «Reglamento del proceso inversionista», instrumento o normativa vigente para las inversiones cubanas.

En el país se vienen realizando estudios para mejorar la evaluación de inversiones teniendo en cuenta las características de nuestro modelo socialista. Como resultado de la implementación de los Lineamientos junto a otros esfuerzos, se han dado pasos de avance en el tema renovable, sobre todo en los últimos años. Sin embargo, no existe un mecanismo financiero o un procedimiento específico para evaluar las inversiones renovables y el financiamiento es centralizado. Además, la evaluación de energías renovables se realiza mediante disposiciones generales y no a través de un procedimiento específico, lo que constituye una deficiencia pues el sector posee ciertas características que deben tenerse en cuenta, por lo que una metodología específica sería más productiva.

8. Estudio local: provincia Sancti Spíritus

En la provincia Sancti Spíritus se llevan a cabo proyectos acerca de las energías renovables, entre las que se destacan la solar y la bioenergía. La Universidad de Sancti Spíritus (Uniss) José Martí Pérez desarrolla un plan colaborativo con Alemania para la obtención de biogás, que se conoce como Proyecto Biogás. Dentro de él se destacan las investigaciones realizadas en plantas de biogás que generan electricidad a partir de residuos sólidos y en los centrales azucareros de dicha provincia.

Teniendo en cuenta este escenario, se realizó una revisión documental para localizar investigaciones desde el 2007 hasta el 2016. Se hallaron dos tesis, una de maestría (Barrera, 2007) y otra de grado (Chaviano, 2011) y un artículo (Barrera *et al.*, 2016). Cabe señalar que

estos textos no pertenecen al área de la evaluación de inversiones, por tanto, incluyen escasos aspectos relacionados con esta temática. A modo de resumen, se subrayan algunas de sus características:

- No poseen un procedimiento definido para evaluar sus proyectos, lo cual limita el alcance solo a cálculos financieros mediante los indicadores tradicionales.
- Aunque los impactos sociales establecidos son correctos, no son suficientes, por lo que es posible delimitar otras aristas de la evaluación como afectaciones al consumo y al bienestar de la comunidad.
- Derivado del primer punto, no emplean análisis integrales de los proyectos, lo que permite combinar variables monetarias con otras cualitativas que son significativas en el estudio de los efectos provocados por la intervención del proyecto en la comunidad.

Como se aprecia, la evaluación de inversiones a nivel local es un reflejo de la situación nacional.

Conclusiones

La evaluación de proyectos ha tenido una evolución histórica, ha pasado de un enfoque netamente privado a uno social-ambiental. Esto ha sido provocado, fundamentalmente, por la incorporación del desarrollo sostenible. Asimismo, las metodologías son variadas, por lo que no existe homogeneidad en ese sentido. Además, el análisis tradicional tiene una proyección muy limitada para el presente momento histórico, lo que hace más realista y pertinente la alternativa de la inversión socialmente responsable.

En cuanto a la metodología para evaluar proyectos, el análisis multicriterio ha demostrado ser más permisivo en cuanto a la flexibilidad de los estudios, pues favorece la conjugación de elementos cuantitativos y cualitativos para una evaluación más integral. Los cuantitativos, fundamentalmente los económicos, son los que más peso adquieren en la toma de decisiones.

La evaluación socioeconómica de proyectos permite extender este concepto más allá de la frontera inversionista, de manera que constituye un complemento y no una negación de la

evaluación privada. Asimismo, el análisis conjunto permite interconectar la rentabilidad de la inversión con el desarrollo local de la comunidad donde incide.

Por otro lado, las inversiones en el sector energético renovable atienden a sus características propias. Una cantidad considerable de investigaciones aboga por el análisis sostenible y la evaluación multicriterio para la toma de decisiones con el método AHP a la vanguardia. Las categorías fundamentales giran en torno al cuidado del MA, la eficiencia energética, el acceso de la población a la energía y la disminución de los costos asociados a la energía para elevar las inversiones.

Los indicadores económicos para proyectos más analizados en las fuentes especializadas son los de rentabilidad, divididos en cuanto al tipo de evaluación (privada o socioeconómica). Se destacan VAN y TIR y VANS y TIRS.

En el sector renovable, los indicadores se enmarcan en cuatro categorías fundamentales: técnica, social, ambiental y económica. Se destaca, asimismo, el costo nivelado de la energía por su concurrencia en las investigaciones, ya que el estudio de costos constituye un área priorizada. Sin embargo, se prioriza un análisis privado, por lo que existen evidencias de la formalización de un LCOE con enfoque socioeconómico.

Por último, en Cuba, la inversión en energía renovable ha dado pasos de avance, aunque persisten deficiencias como la ausencia de una metodología con características propias del sector y la centralización del financiamiento, corroboradas en el estudio de una muestra de proyectos desarrollados en Sancti Spíritus.

Referencias bibliográficas

AFSORDEGAN, A. (2015): «A contribution to Multi-Criteria Decision Making in sustainable Energy Management Based on Fuzzy and Qualitative Reasoning», tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, <<http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/333328/TAA1de1.pdf>> [15/1/2016].

- AGUILERA, J. A. (2012): «Fuentes de energía y Protocolo de Kioto en la evolución del sistema eléctrico español», tesis doctoral, Universidad de Oviedo, España, <<http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/13052/1/TDJoseAntonioAguileraFolgueiras.pdf>> [10/3/2016].
- ANDERSEN, J. (2015): «Modelling and Optimisation of Renewable Energy Systems», tesis doctoral, Aarhus University, Dinamarca, <http://pure.au.dk/portal/files/86807925/PhD_thesis_Jeanne_Andersen.pdf> [21/3/2016].
- ASADI, E. y S. J. SADJADI (2017): «Optimization Methods Applied to Renewable and Sustainable Energy: A Review», *Uncertain Supply Chain Management*, n.º 5, Nueva Delhi, India, pp. 1-26.
- BALIBREA, J. (2013): «Valoración de proyectos de generación eléctrica con energías renovables: un estudio comparado basado en opciones reales regulatorias», tesis doctoral, Universidad Autónoma de México (UNAM), <https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/14302/66859_Balibrea%20Iniesta%20Jose.pdf> [12/2/2016].
- BANCO EUROPEO DE INVERSIÓN (EIB) (2013): «The Economic Appraisal of Investment Projects at the EIB», Luxemburgo, <http://www.eib.org/attachments/thematic/economic_appraisal_of_investment_projects_en.pdf> [18/5/2016].
- BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID) (2013): «Evaluación financiera y económica del Proyecto Electrificación rural con energía renovable (BO-X1013)», Columbia, Estados Unidos, <http://finanzascarbono.org/comunidad/mod/file/download.php?file_guid=453679> [10/5/2016].
- BARRERA, E. L. (2007): «Propuestas tecnológicas para producir biogás con fines energéticos. Un estudio de caso en la granja Remberto Abad Alemán», tesis de maestría, Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.

- BARRERA, E. L. *et al.* (2016): «A Comparative Assessment of Anaerobic Digestion Power Plants as Alternative to Lagoons for Vinasse Treatment: Life Cycle Assessment and Exergy Analysis», *Journal of Cleaner Production*, vol. 113, Viena, Austria, pp. 1-13.
- BLANCO, N. V. *et al.* (2014): «Evaluación integral financiera, económica, social, ambiental y productividad del uso de bagazo de caña en la generación de energía eléctrica en Nicaragua en ingenios no conectados a la red de energía eléctrica», *Revista Científica de la UNAN-León (Universitas)*, vol. 5, n.º 2, Managua.
- BLANCO, N. V. y E. ARCE (2014): «Evaluación económica y social del uso del bagazo de caña en la generación de energía eléctrica en Nicaragua», *Tecnología en marcha*, vol. 27, n.º 3, Cartago, Colombia, pp. 107-121.
- CAMPBELL, N. *et al.* (2014): «Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency», International Energy Agency (IEA), París, Francia, <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Captur_the_MultiplBenef_ofEnergyEficiency.pdf> [17/5/2016].
- CANDIA, J. *et al.* (2015): «Evaluación social de proyectos. Un resumen de las principales metodologías oficiales utilizadas en América Latina y el Caribe», Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (Ilpes), Santiago de Chile, <http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37954/S1500291_es.pdf> [14/4/2016].
- CHAVIANO, M. (2011): «Diagnóstico del proceso de producción de biogás en la UEB Complejo Guayos», tesis de grado, Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez, Cuba.
- COLLADO, E. (2009): «Energía solar fotovoltaica, competitividad y evaluación económica, comparativa y modelos», tesis doctoral, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, España, <<http://www.ieec.uned.es/PersonalDIEEC/archivos/tesis-doctoral-eduardo-collado.pdf>> [10/4/2016].

DIRECCIÓN GENERAL DE INVERSIONES PÚBLICAS (DGIP) (2011): «Metodología de preinversión para proyectos de energía», Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Managua, <<http://www.snip.gob.ni/docs/files/MetodologiaEnergia.pdf>> [4/5/2016].

FLORIO, M. *et al.* (2003): «Guía de análisis costes-beneficios de los proyectos de inversión Unidad responsable de la evaluación. DG Política Regional Comisión Europea», <http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide02_es.pdf> [11/4/2016].

FLORIO, M. *et al.* (2008): «Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. Structural Funds, Cohesion Fund and Instrument for Pre-Accession: Directorate General Regional Policy, European Commission», <<https://www.eufunds.bg/archive/documents/1295270958.pdf>> [14/3/2016].

FONTAINE, E. R. (2008): *Evaluación social de proyectos*, Editorial Pearson Educación, México D.F.

FRAGOSO, A.R. (2012): «Decision Support Methodology for Local Sustainable Energy Planning», tesis doctoral, University of Porto, Portugal, <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/72595/2/52316.pdf>> [16/12/2015].

GARCÍA, H. *et al.* (2013): «Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia», Centro de Investigación Económica y Social, Bogotá, <http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/WWF_Analisis-costo-beneficio-energias-renovables-no-convencionales-en-Colombia.pdf> [19/2/2016].

HANES, R.J. (2015): «Multidisciplinary Modeling for Sustainable Engineering Design and Assessment», tesis doctoral, The Ohio State University, Estados Unidos, <https://etd.ohiolink.edu/!etd.send_file?accession=osu1437204293&disposition=inline> [25/4/2016].

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA) (2012a): «Evaluating Policies in Support of the Deployment of Renewable Power», The International Institute for Sustainable Development (IISD), Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos,

<https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Evaluating_policies_in_support_of_the_deployment_of_renewable_power.pdf> [17/12/2015].

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA) (2012b): «Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series», The International Institute for Sustainable Development (IISD), Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos, <https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-WIND_POWER.pdf> [21/12/2015].

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA) (2013): «Renewable Power Generation Costs in 2012: An Overview», The International Institute for Sustainable Development (IISD), Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos, <https://costing.irena.org/media/2769/Overview_Renewable-Power-Generation-Costs-in-2012.pdf> [20/2/2016].

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA) (2014): «The Socio-Economic Benefits of Solar and Wind Energy», The International Institute for Sustainable Development (IISD), Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos, <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Socioeconomic_benefits_solar_wind.pdf> [22/4/2016].

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA) (2015): «Renewable Power Generation Costs in 2014», The International Institute for Sustainable Development (IISD), Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos, <https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Power_Costs_2014_report.pdf> [3/5/2016].

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA) (2016a): «Renewable Energy Benefits: Decentralised Solutions in the Agri-Food Chain», The International Institute for Sustainable Development (IISD), Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos, <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Decentralised_solutions_for_agrifood_chain_2016.pdf> [6/5/2016].

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA) (2016b): «Renewable Energy Benefits: Measuring the Economics», The International Institute for Sustainable Development (IISD), Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos, <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Measuring-the-Economics_2016.pdf> [10/5/2016].

ISHIZAKA, A. *et al.* (2016): «Which Energy Mix for the UK (United Kingdom)? An Evolutive Descriptive Mapping with the Integrated GAIA (Graphical Analysis for Interactive Aid) AHP (Analytic Hierarchy Process)», *Energy*, Elsevier, Amsterdam, vol. 95, <http://www.ishizaka-dev.myweb.port.ac.uk/Energy_final.pdf> [12/1/2016], pp. 602-611.

MARTÍNEZ, E. (2013): «Process Integration, Economic and Environmental Analysis Tools for Biorefinery Design», tesis doctoral, The University of Manchester, Inglaterra, <<https://www.escholar.manchester.ac.uk/api/datastream?publicationPid=uk-ac-man-scw:207212&datastreamId=FULL-TEXT.PDF>> [22/4/2016].

MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL (2015): «Metodología de formulación y evaluación de proyectos de electrificación rural: División de Evaluación Social de Inversiones», Gobierno de Chile, <http://docplayer.es/storage/47/23744830/1487027962/Av5AXwP5_7DERyZUGkb38g/23744830.pdf> [31/1/2016].

MINISTERIO DE HACIENDA (2000): «Metodología de preparación y evaluación de proyectos de electrificación rural: Ministerio de Hacienda–Vipfe. Sector Energía», La Paz, Bolivia, <http://archivo.vipfe.gob.bo/PR/documentos/Preinversion/preparacion-evaluacion-proyectos/R.M.078-2000Electrificacion_Rural.pdf> [6/5/2016].

MINISTERIO DE JUSTICIA (2014): Decreto n.º 327/2014 «Reglamento del proceso inversionista», *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, año CXIII, n.º 5, La Habana.

NAVARRO, J. (2017): «Propuesta metodológica para la elaboración de planes nacionales de eficiencia energética para los países del Sistema de Integración Centroamericana (SICA)», Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal), México

D.F., <http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40976/S1700116_es.pdf> [9/1/2016].

Ng, L.Y. (2015): «Novel Integrated Design Techniques for Biorefineries», tesis doctoral, University of Nottingham, <http://eprints.nottingham.ac.uk/29016/1/Thesis_Ng%20Lik%20Yin.pdf> [11/4/2016].

ORGANISMO INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA ATÓMICA (OIEA) (2008): «Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías», Viena, Austria, <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1222s_web.pdf> [14/3/2016].

ORTIZ, J.F. (2015): «La contribución de las energías renovables al desarrollo económico, social y medioambiental», tesis doctoral, Universidad de Extremadura, España, <http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/2822/TDUEX_2015_Ortiz_Calderon.pdf> [20/5/2016].

PANEL INTERGUBERNAMENTAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC) (2011): «Fuentes de energías renovables y mitigación del cambio climático. Informe especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático», Ginebra, Suiza, <https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf> [10/1/2016].

PARODI, V. (2013): «Propuesta metodológica para la evaluación integral de proyectos en el sector energético», tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, España, <<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30063/TESISDOCTORAL.VPARODI.VERSI ON3.pdf>> [11/2/2016].

PCC (2016): *Actualización de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el periodo 2016-2021*, VII Congreso del PCC, La Habana, <<http://www.granma.cu/file/pdf/gaceta/01Folleto.Lineamientos-4.pdf>> [27/2/2016].

PEREIRA, I. M. (2016): «Análisis de la inversión socialmente responsable en los mercados bursátiles europeos», tesis doctoral, Universidad de Extremadura, España,

<http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/4992/TDUEX_2016_Arraiano_IM.pdf>
[3/3/2016].

RADICS, R. I. (2015): «Forest bioenergy: Social, environmental and economic perspectives», tesis doctoral, North Carolina State University, Estados Unidos, <<https://repository.lib.ncsu.edu/bitstream/handle/1840.16/10713/etd.pdf>> [17/1/2016].

REYES, A. (2016): «Sistema energético híbrido solar-biomasa. Análisis, simulación de componentes e integración al proceso global», tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata, Argentina, <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/51918/Documento_completo__.pdf?sequence=1> [5/3/2016].

ROMO, L. M. (2016): «Análisis de la producción científica en energías renovables», tesis doctoral, Universidad de Extremadura, España, <http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/4033/TDUEX_2016_Romo_Fernandez.pdf> [15/3/2016].

RUSSI, D. (2007): «Social Multi-Criteria Evaluation and Renewable Energy Policies. Two Case-Studies», tesis doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, España, <<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/4076/dr1de1.pdf>> [11/12/2015].

SANAEI, S. (2014): «Sustainability Assessment of Biorefinery Strategies under Uncertainty and Risk Using Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) Approach», tesis doctoral, Université de Montréal, Canadá, <https://publications.polymtl.ca/1423/1/2014_ShabnamSanaei.pdf> [23/12/2015].

SING, C. y M. D. McCULLOCH (2016): «Levelized Cost of Energy for PV and Grid Scale Energy Storage Systems», Energy and Power Group, Department of Engineering Science, University of Oxford, United Kingdom, <<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1609/1609.06000.pdf>> [12/1/2016].

SISTEMA NACIONAL DE INVERSIÓN PÚBLICA (SNIP) (2011): «Electrificación rural. Guía para la formulación de proyectos de inversión exitosos. Guía simplificada para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de electrificación rural, a nivel de perfil», Ministerio de Economía y Finanzas, Lima, Perú, <https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/energia/Diseno_ELECTRIFICACION_RURAL_corregido.pdf> [2/3/2016].

UECKERDT, F. (2015): «Integrating Variable Electricity Supply from Wind and Solar PV into Power Systems», tesis doctoral, Technischen Universität Berlin, Alemania, <https://depositonce.tu-berlin.de/bitstream/11303/4794/2/ueckerdt_falko.pdf> [19/2/2016].

UNIDAD DE DESARROLLO TECNOLÓGICO (UDT) (2013): «Evaluación de soluciones tecnológicas térmicas y eléctricas, marco regulatorio e instrumentos. Calefacción distrital con biomasa en Chile. Evaluación de prefactibilidad técnica, económica y social de proyectos piloto en Rancagua», Universidad de Concepción, Chile, <http://www.mma.gob.cl/1304/articles-56174_Prefactibilidad_Rancagua.pdf> [4/2/2016].

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME) (2015): «Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia», Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), Bogotá, <http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf> [21/2/2016].

VARELA, P. y M. D. C. SÁNCHEZ (2015): «Socioeconomic Impact of Wind Energy on Peripheral Regions», *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 50, Elsevier, Amsterdam, pp. 982-990.

VARTAINEN, E. *et al.* (2015): «PV LCOE in Europe 2014-30. Final report, 23 June 2015 European Photovoltaic Technology Platform», <http://www.finsolar.net/wp-content/uploads/2015/04/PV-LCOE-Report_July-2015.pdf> [11/3/2016].

VERGARA, W. *et al.* (2014): «Beneficios para la sociedad de la adopción de fuentes renovables de energía en América Latina y el Caribe», Nota Técnica No. IDB-TN-623, División de

Energía, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Columbia, Estados Unidos, <<https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6465/Beneficios%20sociales%20TN-623.pdf>> [17/4/2016].

WIESENTHAL, T. *et al.* (2012): «A Model-Based Assessment of the Impact of Revitalised R&D Investments on the European Power Sector», *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, n.º 1, Elsevier, Amsterdam, < pp. 105-112.

WISER, R. *et al.* (2016): «A Retrospective Analysis of the Benefits and Impacts of U.S. Renewable Portfolio Standards», National Renewable Energy Laboratory (NREL), Washington D.C, Estados Unidos, <<http://www.nrel.gov/docs/fy16osti/65005.pdf>> [11/5/2016].

ZHU, Z. *et al.* (2015): «Electricity Generation Costs of Concentrated Solar Power Technologies in China Based on Operational Plants», *Energy*, Elsevier, Amsterdam, vol. 89, pp. 65-74.

Recibido: 10/6/2016

Aceptado: 28/4/2017

Ariel Manuel Martín Barroso, Universidad de Sancti Spíritus, Cuba, Correo electrónico: ammartin@uniss.edu.cu

Grisell Leyva Ferreiro, Universidad de La Habana, Cuba, Correo electrónico: grisell511@fcf.uh.cu

Notas aclaratorias

1. Para interactuar con ellas es recomendable el uso de la herramienta E3ME (Irena, 2016b, p. 85).