

Fuentes renovables de energía: evaluación de opciones de mitigación en el sector energético cubano

Renewable Energy Sources: Assessment of Mitigation Options in the Cuban Energy Sector

Yeniley Allegue Losada

Facultad de Economía,
Universidad de La Habana,
Cuba.
yeall@fec.uh.cu

RESUMEN

El trabajo se propone evaluar opciones de mitigación del cambio climático en el sector energético en Cuba en el período 2012-2050, asociadas a las fuentes renovables de energía. Con este propósito se identifican siete opciones de mitigación dirigidas al incremento del empleo de las fuentes renovables de energía en el país. Además, se construyen dos escenarios, uno de referencia y otro de mitigación, y se realiza un análisis costo-beneficio mediante la utilización del modelo de simulación LEAP (Long-Range Energy Alternatives Planning System). La evaluación de las opciones de mitigación identificadas muestra que el escenario de mitigación es preferible respecto al escenario de referencia, pues implica menores costos y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En este sentido se concluye que la no realización en el futuro más inmediato de acciones de mitigación de este tipo en el sector de la energía, tendrá implicaciones negativas en el ámbito socioeconómico y ambiental del país.

PALABRAS CLAVE: cambio climático, energía, mitigación.

ABSTRACT

The paper sets out to assess mitigation options of the climate change in the Cuban energy sector over the 2012-2050 period, associated with the renewable energy sources. Seven mitigation actions intended to increase the use of the renewable energy sources in the country are identified with this aim. Furthermore, two scenes are built; a reference scene and a mitigation one, and a costs-profits analysis is carried out through the use of the Long- Range Energy Alternatives Planning System (LEAP) stimulation model. The identified mitigation options show that the mitigation scene is better than the reference one, as it implies lower costs and emissions of greenhouse effect gases. In this regard, came to the conclusion that if these kind of mitigation actions are not taken in the energy

sector in the near future, it will have negative consequences in the socioeconomic and environmental sphere in the country.

KEYWORDS: *climate change, energy, mitigation.*

RECIBIDO: 13/10/2016

ACEPTADO: 08/11/2016

CLASIFICACIÓN JEL: C63, P48, Q42, Q43, Q50

Introducción

La alta vulnerabilidad de Cuba al cambio climático, por su condición insular, ha provocado una notable y creciente preocupación por los impactos que este fenómeno pueda tener sobre el territorio nacional y constituye uno de los tres factores fundamentales identificados que justifican la incorporación del país al esfuerzo internacional para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. A lo anterior, se unen los compromisos asumidos por Cuba como parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Convención Marco), entre los que se encuentran la elaboración de los inventarios nacionales de emisiones de GEI y la descripción general de las medidas de adaptación y mitigación que ha adoptado o prevé adoptar para el logro del objetivo de la Convención Marco. Finalmente, dada la evolución económica creciente del país en los últimos años, se prevé un posible aumento de las emisiones de GEI. Bajo este escenario, la mitigación para el caso cubano se convierte en una necesidad y una estrategia a seguir, tanto en el corto como en el largo plazo. El país debe plantearse los compromisos asumidos con la ratificación de la Convención Marco no como una carga, sino como una oportunidad de contribuir modestamente a la solución del problema climático global, aprovechando los beneficios colaterales positivos, en el ámbito ambiental y económico-social, que brindan la mayoría de las acciones de mitigación.

En Cuba el sector de la energía es el que más ha contribuido a las emisiones totales de GEI: tradicionalmente, sus niveles de aporte al forzamiento radiativo han sido considerablemente superiores al del resto de las ramas. Unido a lo anterior, se espera que las emisiones totales de este sector sigan aumentando en el futuro con el crecimiento de la economía, por tanto, es uno de los sectores que más acciones de mitigación demanda. En este sentido, se identifican potenciales de mitigación en opciones de eficiencia energética, pero también en la penetración de las fuentes renovables de energía (FRE) en el sector eléctrico (que actualmente tiene una participación por debajo de los potenciales), así como la utilización de las fuentes renovables en el abastecimiento de energía limpia a otras actividades como el transporte, el sector residencial y el sector de servicios, sobre todo en lugares de difícil acceso.

Por la importancia que tiene para el país el incremento del empleo de las FRE en un futuro inmediato, no solo por su aporte a la mitigación del cambio climático, sino también por los beneficios colaterales que estas opciones de mitigación pueden brindar en el ámbito económico, social y ambiental, la presente investigación tiene como objetivo evaluar diferentes opciones de

mitigación del cambio climático en el sector energético en Cuba para el período 2012-2050.

Esta investigación tiene sus antecedentes en los trabajos iniciales de construcción de escenarios energéticos y de impacto ambiental vinculados con los esfuerzos de cuantificación desarrollados para la Primera Comunicación Nacional de la República de Cuba a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, así como en la identificación, análisis y cuantificación de opciones de mitigación del cambio climático, llevados a cabo para la realización de la Segunda Comunicación Nacional de la República de Cuba a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, lo que constituye un paso de avance en cuanto al mayor grado de precisión de los potenciales del país para contribuir a mitigar las emisiones de GEI. Sin embargo, considerando estos antecedentes y después de una revisión de la literatura existente sobre el tema, es posible afirmar que hasta el momento no ha sido realizada una evaluación de opciones de mitigación del cambio climático dirigida únicamente al sector energético cubano. Por tanto, esta investigación puede considerarse como la primera que se propone tratar formalmente la evaluación de opciones de mitigación del cambio climático específicamente en el sector de la energía en Cuba. Asimismo, la utilización de técnicas cuantitativas para la determinación de los costos y la reducción de emisiones de GEI, derivadas de las opciones de mitigación en el sector, resulta otro aspecto novedoso de la presente investigación.

De la evaluación de opciones de mitigación realizada se derivan importantes consideraciones para la elaboración adecuada de políticas de mitigación del cambio climático en el sector de la energía y, además, se ofrecen amplias posibilidades de análisis sobre todo para la planificación, la toma de decisiones y el diseño de políticas en el ámbito nacional, considerando las dimensiones ambiental, social y económica. De igual forma, la identificación y utilización de un modelo de simulación (LEAP)¹ para la evaluación de opciones de mitigación en el sector energético en Cuba es otro de los aportes más destacados de la investigación al demostrarse la utilidad del instrumental cuantitativo para conocer la magnitud de los costos de mitigación del cambio climático.

La presente investigación consta de tres epígrafes. En el primero se identifica el modelo que resulta más apropiado para la cuantificación de opciones de mitigación en el sector energético cubano, a partir de un análisis crítico de los modelos de evaluación E3 (integran la economía, el medioambiente y el sistema energético) más utilizados actualmente a nivel internacional. En el segundo epígrafe se determinan los principales elementos a considerar durante la evaluación, para lo cual se identifican las opciones de mitigación y se define el escenario de referencia y el de mitigación (asociado al uso de FRE), a ser empleados en la cuantificación. En el último epígrafe se muestran los principales resultados de la evaluación de opciones de mitigación en el sector de la energía obtenidos mediante el empleo del modelo LEAP. Posteriormente, se exponen las conclusiones más relevantes de la investigación con las que se

¹ Por sus siglas en inglés: Long-range Energy Alternatives Planning System (LEAP).

pretende contribuir a la toma de decisiones sobre las políticas más apropiadas para la mitigación en el sector energético cubano.

Un modelo para la evaluación de opciones de mitigación asociadas al empleo de las FRE en Cuba

La preocupación por las innegables consecuencias que puede provocar el inminente cambio climático global se ha traducido en un notable y creciente interés por los fenómenos climáticos y su evolución temporal y espacial, siendo asunto de investigación y debate entre las ciencias naturales, económicas y sociales. El sector energético juega un papel fundamental en la agudización de este fenómeno global, al ser el que más emisiones de GEI aporta a nivel internacional, emisiones que deben continuar creciendo en el futuro.

En la actualidad existe una amplia gama de modelos que estudian y evalúan las interacciones entre el sistema energético, la economía y el medioambiente, con el objetivo de facilitar la búsqueda y el análisis de soluciones a problemas que se consideran pueden surgir en el futuro, o que ya existen pero pueden agravarse. Estos modelos son nombrados E3.

En general, los modelos E3 difieren grandemente en cuanto a la cobertura geográfica que consideran, el horizonte temporal, el nivel de detalle de los sectores y las tecnologías que incorporan, la complejidad en su formulación de acuerdo a la técnica que emplean, el tratamiento de las tecnologías, entre otros aspectos. A pesar de esta gran diversidad, es posible su clasificación en cuatro grandes grupos según el tratamiento del sector energético en comparación con el resto de la economía: modelos ingenieriles, modelos híbridos con un enfoque mixto económico-ingenieril, modelos de equilibrio general computable y modelos de evaluación integrada del cambio climático. Estos modelos han sido utilizados en estudios tan relevantes como los informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de los años 2007 y 2014 y el famoso Reporte Stern sobre cambio climático (Stern, 2007). Estudios de este tipo han permitido llegar a conclusiones sobre la región latinoamericana o centroamericana, desde las cuales se han podido derivar, de manera muy burda, conclusiones para los pequeños estados insulares del Caribe. Sin embargo, la aplicación de estos modelos bajo una resolución espacial de país queda en duda, de ahí que sea necesario determinar un modelo más apropiado en el ámbito nacional que permita llegar a conclusiones sobre la mitigación del cambio climático en Cuba.

En este sentido, como resultado de un análisis crítico de once de los modelos E3 más empleados a nivel internacional (Allegue, 2014), se concluye que el LEAP resulta ser el modelo más adecuado para la cuantificación de las opciones de mitigación en el sector energético nacional tomando en consideración los siguientes elementos: tiene la característica de poder ser utilizado tanto en un ámbito regional, como nacional o local; sus requerimientos de información no son tan exigentes en comparación con otros modelos E3, es decir, es más flexible de acuerdo a la información disponible precisamente por constituir un modelo de simulación; tiene la capacidad de considerar

la implementación de diferentes políticas de mitigación específicamente en el sector de la energía; y el programa se encuentra disponible en el ámbito nacional.

Consecuentemente, en la presente investigación se utilizará el modelo LEAP para la evaluación de opciones de mitigación en el sector energético cubano, enfocadas al aumento del empleo de FRE en el país. En el siguiente epígrafe se abordarán los principales elementos a considerar durante la evaluación.

Principales elementos para la evaluación de opciones de mitigación asociadas al empleo de FRE

Dentro de las acciones que las autoridades cubanas vienen realizando con la finalidad de alcanzar un desarrollo económico y social sostenible se encuentra el diseño de opciones encaminadas a la mitigación del cambio climático, incluso cuando el país como parte de la Convención Marco no asume compromisos cuantitativos de reducción de sus emisiones de GEI. En este sentido, el hecho de que el sector energético se caracterice por estar basado en recursos escasos y caros, y esté directamente relacionado con el cambio climático, provoca que en el contexto cubano se le preste una especial atención al sector.

Los principales problemas del sector energético del país son la alta dependencia de combustibles importados para la generación, el elevado costo promedio de la energía entregada y la alta contaminación derivada de este sector. Entre las causas atribuidas a estos problemas se identifican la baja eficiencia en la generación térmica, las pérdidas en las redes de distribución que en el 2013 constituyeron el 14,6 % y la reducida utilización de los recursos renovables: por ejemplo, en la matriz energética de Cuba en el 2013 las FRE constituyeron solamente el 4,6 % (Murillo, 2014).

Las acciones que se han definido para revertir esta situación están orientadas a no incrementar la dependencia de las importaciones de combustibles para la generación, disminuir los costos de la energía entregada por el Sistema electro-energético nacional, reducir la contaminación medioambiental generada por este sector y, en especial, aumentar la utilización de las FRE. Según Murillo (2014), para alcanzar estos objetivos se prevé potenciar el desarrollo de la energía eléctrica producida a partir de FRE (se espera que lleguen a alcanzar en el 2030 el 24 % de la generación eléctrica total del país), diversificando de esta forma la matriz energética nacional, y lograr la reducción de los costos de la electricidad entregada a los consumidores finales en un 13 % con relación a los costos actuales.

En correspondencia con lo anterior, se estiman potenciales importantes de mitigación a partir de opciones de eficiencia energética, pero también en la penetración de FRE en el sector eléctrico (donde su participación resulta muy por debajo de los potenciales identificados), y el aprovechamiento de estas fuentes renovables en el abastecimiento de energía limpia a otras actividades como el transporte, el sector de las viviendas, edificios públicos e instalaciones hoteleras y otros servicios, sobre todo en lugares de difícil acceso.

En este sentido, la implementación de medidas de mitigación en el sector energético del país deberá estar dirigida, en el futuro más inmediato, a alcanzar una mayor eficiencia energética, lograr menores tasas de emisiones y, particularmente, ampliar el uso de FRE.

Sin embargo, el diseño de políticas en el sector debe estar antecedido por la construcción de escenarios energéticos y la evaluación de las opciones de mitigación, que permitan determinar si realmente estas acciones serán recomendables debido a los beneficios que se espera genere su implementación.

En Cuba, los antecedentes en la construcción de escenarios energéticos y de impacto ambiental se enmarcan en los esfuerzos de cuantificación de opciones de mitigación para la Primera Comunicación Nacional de la República de Cuba a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Grupo Nacional de Cambio Climático, 2001) y en los resultados obtenidos de los estudios prospectivos del sector energético que culminaron con el proyecto científico-técnico ramal «Escenarios energéticos en apoyo a la toma de decisiones» (Somoza, Aguilar y Gómez, 2010) con la construcción de escenarios para el sector de la energía en el corto, mediano y largo plazo. Más recientemente, durante la elaboración de la Segunda Comunicación Nacional de la República de Cuba a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, se evaluaron 35 opciones de mitigación que involucraron sectores energéticos y no energéticos, para lo cual fue necesario la construcción de escenarios de mitigación considerando el período 2004-2050 (Grupo Nacional de Cambio Climático, 2013).

Tomando en consideración las características del sector energético del país, así como los antecedentes en materia de construcción de escenarios, se definen los principales elementos para la evaluación de opciones de mitigación en este sector. Para los fines de la cuantificación se decide realizar un análisis costo-beneficio mediante el empleo del modelo LEAP, se considera el período 2012-2050 (donde el 2012 es el año base), se utilizan los factores de conversión a energía de los diferentes portadores energéticos que aparecen por defecto en el LEAP y los factores de emisión propuestos por el IPCC contenidos en la base de datos de cargas ambientales del modelo, se emplea una tasa de descuento del 5 % y los costos monetizados en USD a la PPA a precios constantes del 2005. De igual manera, se identifica un conjunto de siete opciones de mitigación asociadas al empleo de las FRE en el país y se considera la construcción de dos escenarios, uno de referencia y uno de mitigación asociado a las FRE.

En el escenario de referencia se tuvo en cuenta la evolución probable hasta el año 2050 de elementos del ámbito socioeconómico (economía, demografía, política energética, tecnología) y ambiental. Igualmente, se incorporaron los sectores residencial, transporte, agrícola, construcción, industrial, comercio y servicios, transformación energética; y además, para el caso específico de las FRE, se consideraron los potenciales energéticos del país y los principales proyectos de interés sobre FRE aportados en Presa (2011).

Para la elección de las opciones de mitigación se consideraron los principales potenciales de mitigación identificados en el sector energético, así como las Direcciones de Desarrollo Nacional en el sector de la energía para los

próximos años abordados en Murillo (2014). Sobre esta base, fueron seleccionadas e incorporadas al análisis de la presente investigación siete opciones de mitigación para los sectores residencial (2), transporte (1) y generación de electricidad (4), asociadas básicamente al empleo de la energía solar, eólica, biomasa forestal y la hidroenergía.

Resultados de la evaluación de opciones de mitigación en el sector energético cubano, asociadas al empleo de las FRE

La construcción de escenarios en un plazo de casi cuarenta años es, obviamente, una tarea compleja sujeta a un alto grado de incertidumbre, mediante la cual solo se pueden obtener posibles trayectorias. Las estimaciones de los costos y la evaluación de opciones de mitigación realizadas son indicativas y preliminares, sin embargo, de ellas se pueden extraer lecciones y conclusiones importantes para la identificación de un camino a seguir en materia de política energético-ambiental sostenible.

Al analizar los resultados correspondientes al escenario de referencia es posible concluir que los costos sociales acumulados y descontados alcanzan en el 2050 un valor de 4,87 miles de millones de USD, de los cuales el mayor peso proviene de la generación de electricidad. Además, los efectos medioambientales a largo plazo de los patrones actuales de producción y consumo de energía, provocan un potencial de calentamiento global acumulado de 2 449 millones de tCO₂eq en el 2050. En este escenario, la participación de las FRE en la oferta total de energía primaria llega a alcanzar al final del período de análisis apenas el 7 %. Por su parte, las importaciones de energía tienen un comportamiento creciente a lo largo del período hasta representar en el 2050 el 51 % de la oferta total de energía primaria.

Se observa que los dos escenarios construidos muestran un crecimiento de las emisiones de GEI en el período, sin embargo, el escenario de referencia presenta los niveles de crecimiento más altos. En este sentido, el potencial de reducción de emisiones de GEI de las siete opciones de mitigación evaluadas es del orden de los 91 millones de tCO₂eq, casi todo como resultado de la penetración intensiva de las FRE en la generación de electricidad. Adicionalmente, el escenario de mitigación tiene un potencial de reducción de emisiones que, descontado al 2012 a una tasa del 5 % y acumulado al 2050, representa costos del CO₂ evitado de -4 315 USD/tCO₂eq respecto al escenario de referencia, como consecuencia de que el dinero ahorrado es significativo en comparación con las emisiones de GEI evitadas. El escenario de mitigación tiene durante todo el período un costo social inferior al escenario de referencia, debido a la compensación de los mayores costos de capital correspondientes a nuevas tecnologías, aparatos y procesos, con los ahorros que se obtienen por reducción de la demanda de recursos energéticos caros como resultado de su sustitución por fuentes renovables de energía. Estos costos evitados con relación al escenario de referencia tienen un comportamiento creciente a lo largo de todo el período 2012-2050, y ostentan una tasa de crecimiento promedio anual del 8,7 %. Consecuentemente, es posible concluir que al 2050 el escenario de mitigación presenta beneficios acumulados con relación al

escenario de referencia, al evitar costos en el orden de los 392 mil millones de USD.

Desde el punto de vista de costos y emisiones de CO₂, el Escenario de mitigación es preferible respecto al escenario de referencia, la cifra negativa del valor presente neto indica que cuesta menos y emite menos GEI. A su vez, los costos evitados (beneficios) del escenario de mitigación en relación con el escenario de referencia están indicando la factibilidad de implementar el conjunto de siete opciones de mitigación considerado, en comparación con un escenario donde no se aplican políticas de mitigación explícitas y se mantiene en los próximos años el comportamiento actual económico, ambiental y social.

En términos de comercio de energía, el escenario de mitigación arrojó resultados favorables al disminuir las importaciones y aumentar las exportaciones, lo que se traduce en una reducción de la factura y de la dependencia energética, siendo esta última uno de los principales problemas del sector energético actualmente en el país. En el escenario de mitigación las importaciones acumuladas de energía llegan a ser en el 2050 alrededor de 705 000 toneladas equivalentes de petróleo (TEP) menores que en el escenario de referencia. Por su parte, las exportaciones de crudo y derivados llegan a alcanzar en el 2050 un valor de 3,99 millones de TEP, lo que constituye un incremento de 642 TEP comparado con el escenario de referencia. Estos resultados permiten concluir que la implementación de las siete opciones de mitigación incorporadas al escenario de mitigación, proporcionarán unos beneficios provenientes de las importaciones netas de 1,35 millones de TEP (equivalentes a 9,77 miles de millones de USD a PPA constante de 2005) con relación al escenario de referencia en el período 2012-2050.

En general, la mayoría de las opciones de mitigación consideradas en la presente investigación, correspondientes al sector energético (donde se incluyen no solo la generación, sino también el sector residencial y el transporte), muestran notables ganancias como resultado de la incorporación de FRE como la solar, la eólica, la biomasa y la hidroenergía. A su vez, los costos sociales asociados a las opciones de mitigación son negativos y, por tanto, atendiendo a este criterio no habría razón para no implementarlas. Más allá del valor calculado, estos resultados indican la conveniencia de incorporar tales opciones en el diseño de políticas tanto energéticas como de mitigación, combinando estos resultados cuantitativos con otros criterios cuantitativos y cualitativos para crear prioridades de acuerdo a las disponibilidades de recursos financieros, accesos a créditos y mercados tecnológicos, capacitación del personal científico-técnico, disponibilidad de fuerza de trabajo, aceptación pública y capacidad de implementación nacional.

Conclusiones

Como resultado de la evaluación de diferentes opciones de mitigación asociadas al empleo de FRE en el sector energético en Cuba en el período 2012- 2050,

se puede concluir que, dentro de la gama de modelos E3 analizados, se identificó que bajo las condiciones actuales solo es posible en el ámbito nacional la utilización del LEAP, fundamentalmente, debido a que este modelo de simulación tiene una resolución espacial flexible que le permite ser utilizado a nivel de país y sus requerimientos de información no son tan exigentes comparado con otros modelos E3 en concordancia con la información que se encuentra disponible a nivel nacional. El LEAP permite evaluar, a partir de la construcción de diferentes escenarios, un conjunto de opciones de mitigación en el sector energético, brindando la posibilidad de derivar conclusiones de cuáles serían las estrategias de mitigación del cambio climático adecuadas en este sector desde un punto de vista ambiental, social, y económico.

Los principales problemas del sector energético del país actualmente son la alta dependencia de combustibles importados para la generación, el elevado costo promedio de la energía entregada y la alta contaminación derivada de este sector. Entre las causas atribuidas a estos problemas se identifican la baja eficiencia en la generación térmica, la reducida utilización de las FRE y las pérdidas en las redes de distribución. A su vez, el sector de la energía es el que más contribuye a las emisiones totales de GEI a nivel nacional; sus niveles de aporte al forzamiento radiativo son considerablemente superiores al del resto de las ramas (agricultura, procesos industriales, uso de solventes y desechos) y se espera que su contribución a las emisiones totales siga aumentando en el futuro con el crecimiento de la economía, por tanto es uno de los sectores que más acciones de mitigación del cambio climático demanda en el país.

Dado el carácter altamente contaminador del sector energético del país y los principales problemas que lo caracterizan actualmente, fue necesario identificar opciones de mitigación dirigidas específicamente al aumento de la utilización de las FRE. Para la evaluación de estas opciones se construyeron dos escenarios: uno de referencia y otro de mitigación. Este último para la consideración de las FRE. Además, se determinó el empleo del análisis costo-beneficio para la evaluación de opciones de mitigación en el sector de la energía, mediante la utilización del modelo LEAP.

Del análisis costo-beneficio realizado se concluye que, en el 2050, el escenario de mitigación tiene unos costos sociales inferiores al escenario de referencia, debido a la compensación de los mayores costos de capital correspondientes a nuevas tecnologías, aparatos y procesos, con los ahorros que se obtienen por reducción de la demanda de recursos energéticos caros, como resultado de su sustitución por las fuentes renovables de energía.

En el 2050 el potencial de mitigación de emisiones de GEI del escenario de mitigación en comparación con el escenario de referencia es del orden de los 91 millones de tCO_2eq . A su vez, estos potenciales de reducción de emisiones del escenario de mitigación monetizados, descontados a una tasa del 5 % y acumulados al 2050, representan costos del CO_2 evitado de 4 315 USD/ tCO_2eq .

Desde el punto de vista de costos y emisiones de CO_2 , el escenario de mitigación es preferible respecto al escenario de referencia pues cuesta menos y emite menos GEI debido a la incorporación de las FRE. Lo anterior permite concluir que la no realización en el futuro más inmediato de acciones de mitigación

en el sector energético como las identificadas, tendrá implicaciones negativas significativas para el país en el ámbito económico-ambiental.

Las principales acciones en materia de política energética en Cuba, en los próximos años, deberán considerar opciones de mitigación del cambio climático dirigidas a ampliar el uso de las FRE, dado los múltiples beneficios que brindan, fundamentalmente, en términos de reducción de costos y de emisiones de GEI en el país. De igual manera, se deberá considerar el empleo de métodos cuantitativos para la evaluación de opciones de mitigación en el sector energético, para lo cual el modelo LEAP brinda múltiples posibilidades.

BIBLIOGRAFÍA

- ACQUATELLA, J. (2008): *Energía y cambio climático: oportunidades para una política energética integrada en América Latina y el Caribe*, ONU, Santiago de Chile.
- ALLEGUE, Y. (2008): «Mitigación del cambio climático: principales criterios para el diseño de opciones de mitigación en el país», tesis de maestría, Facultad de Economía, Universidad de La Habana.
- ALLEGUE, Y. (2009): «La mitigación del cambio climático: aspectos esenciales para su evaluación», 46 Aniversario del Inicio de los Estudios de Economía en la Universidad de La Habana, (CD-ROM), Facultad de Economía, Universidad de La Habana.
- ALLEGUE, Y. (2013): «Evaluación integrada del cambio climático. Un desafío», III Congreso Internacional de Desarrollo Local, Universidad de La Habana–Universidad de Huelva, (CD-ROM), Universidad de La Habana.
- ALLEGUE, Y. (2014): «Evaluación de opciones de mitigación del cambio climático en el sector de la energía en Cuba», tesis de doctorado, Facultad de Economía, Universidad de La Habana.
- BRUCKNER, T. et al. (1999): «Climate Change Decision-Support and the Tolerable Windows Approach», *Environmental Modeling and Assessment* 4, Baltzer Science Publishers BV, pp. 217-234.
- CEPAL (2009): *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: Síntesis 2009*, ONU, Santiago de Chile.
- FUNDACIÓN BARILOCHE Y STOCKHOLM ENVIRONMENT INSTITUTE (2013): «Sistema de Planeamiento de Alternativas Energéticas de Largo Plazo. Ejercicios de Práctica», San Carlos de Bariloche.
- GRUPO NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO (2001): «República de Cuba, Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático», Instituto de Meteorología, La Habana.
- GRUPO NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO (2013): «República de Cuba, Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático», Instituto de Meteorología, La Habana.
- IPCC (2007): «Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group iii to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change», WMO and UNEP, Cambridge University Press, United Kingdom.
- IPCC (2014): «Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Summary for Policymakers. Contribution Of Working Group iii to the Fifth Assessment Report of

- the Intergovernmental Panel on Climate Change», Cambridge University Press, United Kingdom.
- KELLY, D. L. y C. D. KOLSTAD (1998): *Integrated Assessment Models for Climate Change Control*, US Department of Energy, United States.
- MURILLO, M. (2014): «Intervención en el Tercer Período Ordinario de Sesiones de la Octava Legislatura de la Asamblea Nacional del Poder Popular», Palacio de las Convenciones, La Habana.
- ONEI (2012): *Energía renovable, Cuba 2011* (edición agosto 2012), La Habana.
- ONEI (2013a): *Panorama económico y social, Cuba 2012*, La Habana.
- ONEI (2013b): *Electricidad en Cuba. Indicadores seleccionados, enero-diciembre 2012*, La Habana.
- ONEI (2013c): *Censo de Población y Viviendas 2012*, La Habana.
- PRESA, J. A. (2011): «Las fuentes renovables de energía en Cuba», VII Conferencia Internacional de Energía Renovable, Eficiencia y Educación Energética, CIER 2011, Palacio de Convenciones, La Habana.
- ROTMANS, J. (1998): «Methods for Integrated Assessment: the Challenges and Opportunities Ahead», en *Environment Modelling Assessment* 3, Baltzer Science Publishers BV, pp. 155-179.
- SOMOZA, J. (2013): «Energía y desarrollo: evidencia empírica para Cuba en el contexto internacional», *Economía y Desarrollo*, vol. 149, n.º 1, pp. 99-116.
- SOMOZA, J.; J. A. AGUILAR y W. GÓMEZ (2010): «Demanda de energía, modelos, proyecciones y escenarios», *Investigación Económica*, n.º 1, año 15, pp. 20-36.
- STERN, N. (2007): «The Economics of Climate Change», Cambridge University Press, United Kingdom.
- STOCKHOLM ENVIRONMENT INSTITUTE (2011): «Long-Range Energy Alternatives Planning System, User Guide for Version 2011» (First Draft), U.S. Center, United State.
- TURTÓS, L. (2008): *Una introducción a los modelos integrados de valoración del cambio climático*, CEPAL, Santiago de Chile.
- WEYANT *et al.* (1996): «Integrated Assessment of Climate Change: an Overview and Comparison of Approaches and Results», en J. P. Bruce *et al.*, *Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change*, Cambridge University Press, pp. 367-439.

• • •