

# El impacto económico de las energías renovables.

## The economic impact of renewable energies.

Fausto Posso<sup>1,2</sup>, Juan Acevedo<sup>3</sup>, Jorge Hernández<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Investigador Prometeo-Universidad de Cuenca, [fausto.posso@ucuenca.edu.ec](mailto:fausto.posso@ucuenca.edu.ec)

<sup>2</sup>Universidad de Los Andes. Sede San Cristóbal-Venezuela

<sup>3</sup>Universidad de Santander UDES, Cúcuta-Colombia, [industrialcuc@campus.udes.edu.co](mailto:industrialcuc@campus.udes.edu.co)

<sup>4</sup>Universidad de Santander UDES Cúcuta-Colombia, [jo.hernandez@mail.udes.edu.co](mailto:jo.hernandez@mail.udes.edu.co)

**Fecha de Aprobación:** 24/10/2014

**Fecha de Aprobación:** 11/11/2014

**Resumen-** Las energías renovables (ER) han tenido un progreso considerable en las últimas décadas, llegando a tener una participación significativa en el mercado energético mundial, complementando a los combustibles fósiles y con posibilidades de convertirse en el principal recurso primario de energía en el mediano plazo. Tales fuentes son muy poco contaminantes, sostenibles y distribuidas, y su aprovechamiento implica también beneficios sociales y económicos al contribuir a elevar la calidad de vida y la economía local a través de la generación de empleo. Si bien todavía no son competitivos con los combustibles fósiles, sus costos de generación experimentan una disminución continua debido a los avances tecnológicos y las economías de escala, siendo esto una condición imprescindible para lograr la popularización de las tecnologías renovables. El mercado del carbono y los Certificados de Emisiones Reducidas, constituyen un caso notable de la contribución de las ER a la mitigación de las emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI) mediante su participación en los proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), en el cual, Colombia está empezando a participar en forma decidida. Se concluye que las energías renovables tienen efectos altamente positivos en todos los ámbitos de la economía y constituyen un elemento importante en el alcance del desarrollo sostenible de países y regiones.

**Palabras claves:** energías renovables, economía de la energía, mercado del carbono.

**Abstract-**Renewable energy has had considerable progress in the last decades getting to have a significant share in the global energy market, complementing fossil fuels and possibilities of becoming the primary source of energy in the medium term. Such sources are very low polluting, sustainable and distributed, and their exploitation also involves social and economic benefits by helping to improve the quality of life and the local economy with employment generation. While still not competitive with fossil fuels, generation costs experience a steady decline due to technological advancements and economies of scale, being a competitive condition as a prerequisite to achieve the popularization of renewable technologies. The carbon market and Certified Emission Reductions constitute a remarkable case of the contribution of the renewable energies (RE) to the mitigation of greenhouse gas (GHG) emissions through participation in clean development mechanism (CDM) projects, in which Colombia is beginning to engage with determination. We conclude renewable energy have very positive effects in all areas of the economy and are an important element in achieving sustainable development of countries and regions.

**Keywords:** renewable energy, green economy, carbon market.

\*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [fausto.posso@ucuenca.edu.ec](mailto:fausto.posso@ucuenca.edu.ec) (Fausto Posso).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad de Santander.

Este es un artículo bajo la licencia CC BY-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>).

Forma de citar: F. Posso, J. Acevedo y J. Hernández, "El impacto económico de las energías renovables", Aibi revista de investigación, administración e ingeniería, vol. 2, no. 2, pp. 22-26 2014.

## I. INTRODUCCIÓN

La creciente participación de las energías renovables (ER), en el mercado mundial de la energía, está teniendo consecuencias importantes; no sólo por la calidad de la energía aportada, que deriva en beneficios ambientales y sociales, sino también por su efecto positivo en la economía de los países. Este efecto se materializa en: a. flujos significativos de capital hacia la generación renovable de energía, dinamizando la economía; b. un aumento del empleo local, al ser las ER intensivas en requerimientos de personal, tanto en la fase de diseño como en la operación de emplazamientos destinados a su aprovechamiento; c. un ahorro de ingentes recursos económicos originalmente destinados a la utilización de combustibles fósiles; y, d. una importante participación en el mercado del carbono, que permite captar fondos para su fortalecimiento en países en desarrollo.

Sin embargo, los estudios sobre las implicaciones económicas de la creciente penetración de las ER en el mercado de la energía son más bien escasos, tal como se desprende de una revisión documental realizada sobre este aspecto. Una contribución completa es el número monográfico de la revista Cuadernos de la Economía, titulado la Economía de las Energías Renovables, la cual se analiza desde diferentes planos: el ámbito mundial, el cambio climático, los costos y las externalidades según el tipo de ER, y la prospectiva de la participación en el *mix* eléctrico en España para el año 2020 [1]. Por su parte, en un estudio teórico se analiza el impacto económico de las ER con vista a la implementación de una política pública óptima contemplando varias dimensiones. Desde la dimensión social, revisando los modelos matemáticos que estiman el potencial económico, entendido como un subconjunto del potencial técnico que comprende la selección de la tecnología, su ubicación y el momento adecuado para su implementación, tal que genere un óptimo nivel de bienestar social; desde la dimensión del mercado, precisando las debilidades y fallas que se presentan en el proceso de la implementación del potencial económico de las ER en los mercados descentralizados; y desde la dimensión pública, indagando sobre las diferentes acciones que se han propuesto para superar estas dificultades; concluyendo que existen áreas desconocidas en el mapa de conocimiento sobre las políticas de desarrollo de las ER coherentes y socialmente óptimas [2].

La contribución de las ER al alcance de una economía de la energía que sea sustentable es tratada en [3], concluyendo que sólo la penetración de las ER en el mercado mundial de la energía garantiza la sustentabilidad del mismo al satisfacer el criterio de sustentabilidad basado en la compatibilidad ambiental y un uso

más racional y eficiente de las fuentes de energía. También se ha investigado sobre las posibles relaciones causales entre desarrollo económico sustentable y energía consumida de origen renovable; así, en [4] se plantea este estudio para Brasil, obteniendo que la influencia de esta energía en la producción real es positiva y significativa y que los resultados de los modelos de corrección de errores revelan una causalidad bidireccional entre el crecimiento económico y consumo total de las ER.

Finalmente, y en un plano más operativo, deben mencionarse los Informes Anuales del Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, PNUMA, dedicados a cuantificar el desempeño económico de las ER y sus tendencias en diferentes ámbitos geográficos. Así en el Informe correspondiente al año 2012, se presenta un análisis detallado de las inversiones en ER, señalando como hecho resaltante que la actividad e inversión en estas fuentes se está desplazando desde los países desarrollados a los países en desarrollo; y señalando además que la energía solar fotovoltaica es la que ha captado mayor inversión, en gran parte motivado por un descenso importante en sus costos alrededor de un tercio de los correspondientes al año 2011, siendo Alemania y Japón los líderes en el mercado mundial de este tipo de ER [5]. De todo lo anterior se desprende que las implicaciones económicas del avance de las ER son de amplio espectro solapándose incluso con las de tipo social, tal que un estudio integral de las mismas amerita un enfoque multidimensional constituyendo un campo de estudio en pleno desarrollo.

En este escenario se plantea este artículo que pretende contribuir al conocimiento de las ER desde la perspectiva económica, presentado una visión global y actual de varios elementos implicados en la misma, con un capítulo aparte sobre el mercado del carbono concebido como un mecanismo para el cumplimiento de los postulados del Tratado de Kyoto y de captación de fondos para el financiamiento de proyectos ambientalmente sustentables en países en desarrollo, en lo cual las ER cumplen un papel estelar, y finaliza con la actuación de Colombia en dicho mercado.

## II. LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Como su nombre lo indica las ER son fuentes primarias de energía que pueden reponerse al generarse por procesos cíclicos de periodicidad variable (desde horas hasta años), o son inagotables, en contraposición a las fuentes fósiles donde la posibilidad de su reposición es remota [6]. Las ER comprenden una amplia gama de tipos y de formas, las cuales se muestran en forma esquemática en la Figura 1, atendiendo a su origen.

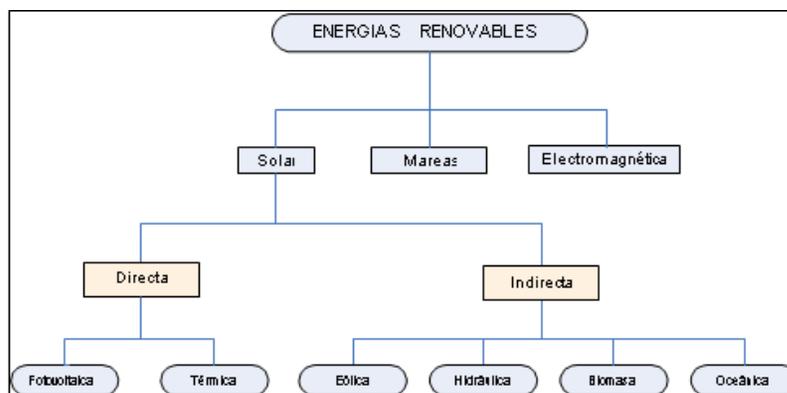


Fig. 1. Clasificación de las energías renovables según su origen

Fuente: Elaboración propia de los autores

En los últimos treinta años, la utilización de las ER ha experimentado un crecimiento continuo; así, para el año 2012 ya representaban el 19 % del consumo mundial de energía, el 26 % de la capacidad mundial de generación de electricidad y el 22 % del suministro eléctrico. Pero, quizás, lo más notable radica en que más de la mitad de la nueva generación de potencia eléctrica en ese año es de tipo renovable [7]. Adicionalmente, las proyecciones optimistas establecen que las ER podrían suplir el 80 % de la demanda mundial de energía para el año 2050, con la energía solar y la energía eólica proyectada como las de mayor crecimiento [8].

Estas estimaciones toman en cuenta las mejoras sustanciales logradas –y por lograrse– en las tecnologías de transformación y uso que han permitido aumentar la eficiencia energética y obtener costos de producción más competitivos. Aunado al crecimiento en consumo y generación señalado es significativo que ya en 138 países existen políticas y planes de fomento de las ER con alrededor de dos tercios de ellos correspondientes a países en desarrollo o economías emergentes [7].

El espectro de aplicaciones de las ER cubre prácticamente las necesidades de todos los sectores de la economía y abarcan desde grandes sistemas de generación eléctrica, del orden de los gigavatios en parques eólicos conectados a la red eléctrica, hasta pequeños sistemas fotovoltaicos autónomos, del orden de los kilovatios localizados en el sector rural de una amplia cantidad de países de América Latina, Asia y África [9].

El crecimiento sostenido de las ER y el interés que despiertan pueden explicarse por las ventajas que supone su aprovechamiento, tales como su contribución a la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y otros contaminantes; la disminución de la dependencia energética; la diversificación de la matriz energética; la contribución a la creación de empleo, en especial en el sector rural; y su aporte a la innovación y desarrollo tecnológico. Sin embargo, también deben mencionarse varias características indeseables de las ER: baja intensidad, carácter difuso y alta dependencia de los ciclos naturales y climatológicos; lo cual, a su vez, supone dificultades para su captación, almacenamiento y transmisión, que, en última instancia, deriva en costos superiores a los combustibles fósiles, aunque para ciertos casos, como la generación eólica e hidráulica

en gran escala, sus costos pueden llegar a ser competitivos con las fuentes fósiles [10].

### III. LA ECONOMÍA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Conceptualmente la economía de las ER está inmersa en el paradigma de la economía verde, concebida como una economía baja en carbono, eficiente en el uso de recursos naturales, distribuida y socialmente incluyente; en contraposición a la energía proveniente de los combustibles fósiles, mucho más contaminante, menos eficiente y altamente centralizada [11]. A continuación se analizan varios componentes de la economía de las ER, que contribuyen a entender su impacto.

#### A. Inversión

La evolución de la inversión total en los últimos diez años (Fig. 2) señala un crecimiento sostenido, con una disminución del 12 % en el año 2012, principalmente debida a la crisis económica en los países desarrollados, aunque con la particularidad que la inversión en potencia eléctrica renovable superó por tercer año consecutivo a la inversión en el mismo concepto de las fuentes fósiles [7].

#### B. Costos

Los costos de generación renovable son de varios tipos: a. costos fijos, que incluyen los costos de inversión (tecnología, instalaciones, administración) y los costos de capital; b. costos variables, especialmente los relativos a operación y mantenimiento. Por otra parte, para una tecnología específica, estos costos están fuertemente influenciados por la economía de escala, la densidad de energía aprovechable para un sitio específico y el tiempo de vida de la tecnología utilizada. Existen además otros costos relativos a los costos de transmisión, de cobertura y de fiabilidad que serán determinantes para una penetración masiva de las ER.

En comparación con los combustibles convencionales los costos de las ER son mayores, en gran medida debido a su alta

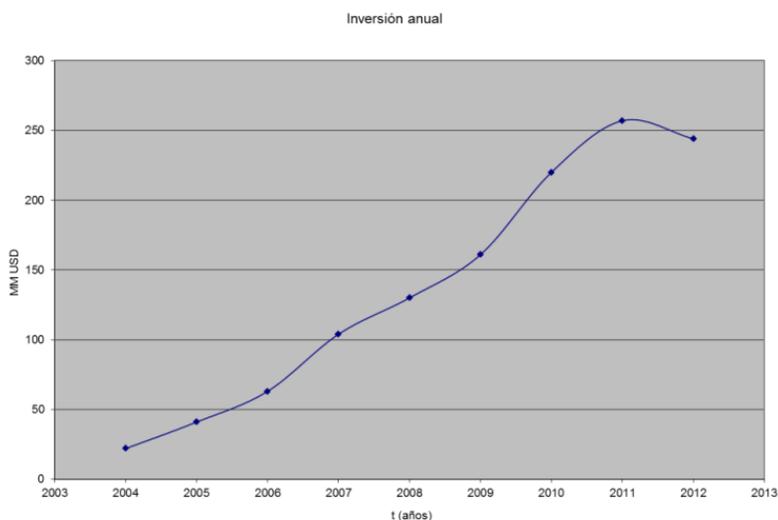


Fig. 2 Evolución de la inversión anual mundial de las ER  
Fuente: [7]

inversión inicial, aunque debe mencionarse que tal comparación es incompleta al no considerarse las externalidades asociadas con los costos ambientales del uso de fuentes fósiles.

Dentro de las ER existen significativas diferencias en los costos, según su madurez tecnológica; así, mientras que la hidráulica, la eólica y el biogás tienden a situarse en la parte baja del rango de costos, las tecnologías solares son relativamente caras. Se prevé que los costos de generación de las tecnologías de las ER por unidad de producción continuarán disminuyendo de manera acentuada en el mediano plazo, principalmente debido a mejoras tecnológicas y las economías de escala, ambas influenciadas por la velocidad de aprendizaje de las tecnologías, referida como la tasa a la cual el costo se reduce cuando se duplica la producción de una determinada tecnología renovable; en el Cuadro I se muestra una estimación, especificando los costos mínimo, máximo y promedio y el correspondiente Índice de Aprendizaje según el tipo de ER considerada, todos para el año 2010 [12].

### C. El empleo de las ER

El aprovechamiento de las ER es intensivo en la utilización de mano de obra comparada con las fuentes fósiles. Esta condición tiene implicaciones favorables, especialmente en regiones rurales deprimidas económicamente, ya que debe esperarse que la operación y mantenimiento de los emplazamientos de ER utilicen trabajadores locales, contribuyendo de ésta manera a elevar su poder adquisitivo y calidad de vida. Pero, además, existen beneficios intangibles relativos al bienestar social y humano y que permiten disminuir la migración rural, tan acentuada en el medio latinoamericano. Este empleo intensivo se ha cuantificado en varios estudios, uno de los cuales se presenta en el Cuadro II, tomada de [13], en la cual se especifican los diversos costos según su tipo, tanto para varias fuentes renovables como para fuentes fósiles.

La Figura 3 muestra la distribución de los 5.745.000 millones de puestos de trabajo existentes para el año 2012 en el ámbito mundial, con un crecimiento del 15 % respecto al 2011 [7]. Esta cantidad se estima crezca a medida que el uso de las tecnologías de

uso final renovable se masifique. Al respecto se estima que sólo en la Unión Europea se requieran de tres millones de puestos de trabajo adicionales en el año 2020 [14].

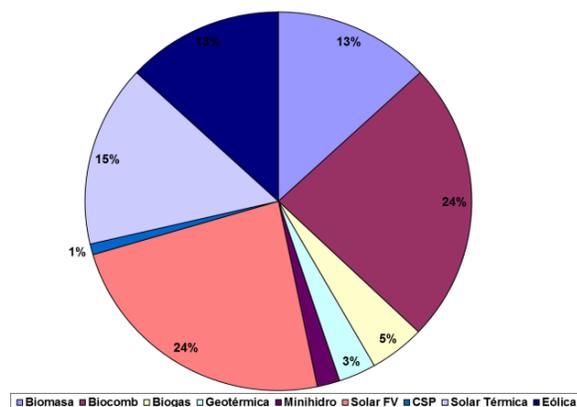


Fig. 3. Distribución de la fuerza de trabajo de las ER  
Fuente: [7]

## IV. EL MERCADO DEL CARBONO

El Protocolo de Kyoto sienta las bases de la arquitectura del mercado de carbono al establecer los objetivos cuantificados de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para los países desarrollados, así como los mecanismos de mercado diseñados para aminorar el costo de su implementación. Uno de estos mecanismos es el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) que se instrumentaliza a través del mercado de carbono. Este mercado es regulado por la Convención Marco de las Naciones Unidas contra el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés) y por compromisos voluntarios de estados y empresas privadas que buscan compensar los impactos ambientales generados por su actividad productiva.

### CUADRO I

COSTOS DE GENERACIÓN ER (USD 2009/MWH) PERÍODO 2010-2020 E ÍNDICE DE APRENDIZAJE PARA EL AÑO 2010

Tipo de ER	Costo Mínimo	Costo Máximo	Costo Promedio	Índice de Aprendizaje (%)
Grandes Hidro	51	137	94	1
Pequeñas Hidro	71	247	143	1
Biomasa	119	148	131	5
Eólica terrestre	63	126	85	7
Eólica marina	78	141	101	9
Geotermia	31	83	52	5
Solar FV- Gran escala	195	527	280	17
Solar FV-edificios	273	681	406	17
Solar Térmica	153	320	207	10
Marina	235	325	281	14

Fuente: [12]

### CUADRO II

PROMEDIO DE EMPLEO (PUESTOS DE TRABAJO/MW CAPACIDAD)

	Construcción e instalación	Operación y mantenimiento	Total
Solar FV	6	3	9
Eólica	1,5	0,27	1,77
Biomasa	0,40	1,41	1,81
Carbón	0,27	0,74	1,01
Gas natural	0,25	0,70	0,95

Fuente: [13]

Lo que se transa en este mercado son los Certificados de Emisiones Reducidas, (CERs), o bonos de carbono; cada bono representa el derecho a emitir una tonelada de dióxido de carbono. Los grandes emisores de GEI, representados principalmente por los países altamente industrializados y empresas multinacionales, pueden acogerse a dos modalidades; una, mediante el financiamiento de proyectos de reducción de emisiones de GEI en un país en vías de desarrollo, por un monto equivalente a las toneladas de dióxido de carbono (tCO<sub>2</sub>e) que generan; la otra, es acudir a las llamadas bolsas de valores del clima con cantidades de emisiones capturadas certificadas o verificadas que se venden a quienes requieran reducir su propio impacto ambiental.

En el continente americano la única bolsa del clima es la Chicago Climate Exchange (CCX, por sus siglas en inglés). Su dinámica es la de una bolsa de valores tradicional, sólo que en este caso lo que se transa son CERs, y los precios de los bonos por tonelada de dióxido de carbono están sometidos a la ley de la oferta y demanda que determina el precio de los CERs. En la Figura 4 se muestra la evolución histórica de las transacciones en la CCX, apreciándose un valor máximo de los bonos cercano a los 7,5 \$/ton CO<sub>2</sub>e [15]. Este mercado ha crecido tanto en el número de transacciones como en los montos transados; así, el mercado voluntario en el año 2012 creció un 4 % respecto al 2011, al contratarse 101 millones de toneladas de créditos de carbono (MtCO<sub>2</sub>e) para entrega inmediata o a futuro por 523 millones de dólares, con una disminución del valor del mercado igual a 5,9 \$/ton CO<sub>2</sub>e. Las proyecciones indican un monto entre 1,6 y 2,3 mil millones de dólares en el 2020, en un escenario favorable [16].

En el caso de Colombia, su ubicación geográfica, biodiversidad y bosques húmedos tropicales hacen que el país sea una fuente potencial de proyectos protectores del medio ambiente y de mitigación del cambio climático, y por ende, un país demandado en el mercado de carbono. En el Cuadro III se presenta un resumen de la utilización del MDL en Colombia al año 2013,

cuantificando la reducción de emisiones de GEI en términos de las toneladas de dióxido de carbono que se han evitado lanzar a la atmósfera, la clasificación de los proyectos y su valor monetario [17].

**CUADRO III**  
RESUMEN DEL MDL EN COLOMBIA

Proyectos MDL Portafolio nacional	Potencial anual de reducción de emisiones de GEI (Ton. CO <sub>2</sub> e/año)	Proyectos con aprobación nacional	Proyectos registrados en la ONU	Proyectos con CERs emitidos	Ingresos por venta de CERs (Dólares)
197	23.332.554	93	57	16	\$91.230.000

Fuente: [17]

Los 16 proyectos de MDL con CERs emitidos corresponden a los sectores mostrados en el Cuadro IV, indicando para cada uno de ellos, el número de proyectos y los CERs emitidos. Con estos valores Colombia es el cuarto país en América Latina y el número doce en el mundo con proyectos MDL registrados en la ONU [17], una posición de relevancia.

**CUADRO IV**  
DISTRIBUCIÓN POR SECTORES DE LOS PROYECTOS CERTIFICADOS

Sector	Número de proyectos	CER emitidos (Ton. CO <sub>2</sub> e/año)
Energía	5	637.106
Industrial	4	796.043
Residuos	5	2.581.815
Transporte	1	354.735
Forestal	1	1.154.955
<b>TOTAL</b>	<b>16</b>	<b>5.524.654</b>

Fuente: [17]



Fig. 4. Histórico de las transacciones de los CERs en la CCX

Fuente: [15]

## V. CONCLUSIONES

Las energías renovables son fuentes primarias de energía que son inagotables o con la capacidad de regenerarse en ciclos de duración variable. Su creciente participación en el mercado energético mundial está teniendo implicaciones económicas importantes reflejadas en: a. Una inversión que se ha sextuplicado en los últimos siete años, superando en el 2012 la correspondiente a las fuentes fósiles y por tercer año consecutivo; b. Una disminución importante de los costos, todo ello como resultado de una alta tasa de aprendizaje y del avance de las tecnologías renovables; c. La utilización intensiva de mano de obra, contribuyendo a elevar la calidad de vida de la población, en especial de la rural en especial; y d. La consolidación del mercado del carbono como mecanismo de compensación de la contaminación ambiental generada especialmente en los países industrializados. En el caso de Colombia, su participación en el mercado regional del carbono es importante y con grandes perspectivas de crecimiento.

## AGRADECIMIENTO

El presente trabajo fue patrocinado por el Proyecto Prometeo de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de la República del Ecuador

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Cerdá, E. (2012) *Economía de las energías renovables*. Cuadernos Económicos de ICE, 83, pp. 5-9.
- [2] Edenhofer, O., Hirth, L., Knopf, B., Pahle, M., Schlömer, S., Schmid, E., Ueckerdt, F., (2013). *On the economics of renewable energy sources*, Energy Economics, 40, pp. S12–S23.
- [3] Muller, H., and Nitsch, J., (2005) *The contribution of renewable energies to a sustainable energy economy*, Trans IChemE, Part B, Process Safety and Environmental Protection, 83(B4), pp. 285–297
- [4] Pao, H., and Fu, H. (2013) *Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 25, pp. 381–392.
- [5] Global Trends in Renewable Energy Investment 2013, Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF, (2013). Disponible en <http://www.unep.org/pdf/GTR-UNEP-FS-BNEF2.pdf>
- [6] Shahriar Sh., Topal E. (2009). *When will fossil fuel reserves be diminished?* Energy Policy, 37, pp. 181-189.
- [7] REN 21. *Renewables 2013: Global Status Report*. (2013) Disponible en: <http://www.ren21.net/GlobalFuturesReport.aspx>. Pdf. pp. 178.
- [8] REN Renewables *Global Futures Report*. (2013) Disponible en [http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gfr/REN21\\_GFR\\_2013.Pdf](http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gfr/REN21_GFR_2013.Pdf). pp. 76.
- [9] André, F., de Castro, M., Cerdá, E. (2012) *Las energías renovables en el ámbito internacional*. Cuadernos Económicos del ICE, 83, pp. 11-36.
- [10] Vera, B., (2012) *La economía de las energías eólicas*. Cuadernos Económicos del ICE, 83, pp. 165-184.
- [11] *La visión de la economía verde en América Latina y el Caribe* (2012). Ed. SELA. Caracas, Venezuela.
- [12] Martínez, J., Hernández, J. (2012) El coste de las energías renovables, predicciones y paridad con la red. Caso de la electricidad solar. Memorias CONAMA 2012, España. Pdf. pp.11.
- [13] International Office Labour (ILO). *Skills and Occupational Needs in Renewable Energy* (2011) European Union. pp. 123.
- [14] Communication from the Commission to the European Parliament and the Council. Renewable Energy: Progressing towards the 2020 target. European Commission (2011). pp. 2.
- [15] Intercontinental Exchange Group (ICE). Chicago Climate Exchange. *CCX\_Historical\_Price\_and\_Volume.xls*. Disponible en: [https://www.theice.com/ccx.jhtml/Historical\\_data](https://www.theice.com/ccx.jhtml/Historical_data).
- [16] El estado de los mercados voluntarios de carbono 2013 (2013). Disponible en [http://www.forest-trends.org/documents/files/doc\\_4071.pdf](http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_4071.pdf). pp. 17.
- [17] Proyectos de Mecanismo de desarrollo limpio en Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en <http://www.minambiente.gov.co//contenido/contenido.aspx?catID=1267&conID=7717>