

# El mercado de bonos de carbono y su aplicación para proyectos hidroeléctricos

## The carbon market and its application for hydro projects

Eduardo Alexander Duque Grisales<sup>1</sup>, Julián Alberto Patiño Murillo<sup>2</sup>

Fecha de recepción: 30 de mayo de 2013

Fecha de aceptación: 20 de julio de 2013

### Resumen

Con la creación del Protocolo de Kioto se introdujo en la sociedad una nueva preocupación acerca de la necesidad imperiosa de limitar la cantidad de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI). Esta preocupación ha llevado a que se cree un nuevo mercado: el Mercado de Carbono, escenario mediante el cual se busca crear un precio común para el carbono, utilizando el enfoque coloquial “el que contamine paga”. En la demanda se otorga un bono llamado “Certificados de reducción de emisiones” (CER) a los proyectos que por su actividad reducen las emisiones GEI. Los aprovechamientos hidroeléctricos se encuentran entre los más populares de los proyectos susceptibles de recibir los certificados. Aunque este tipo de iniciativas son muy frecuentes en países como Brasil, Chile y los países centroamericanos, en Colombia el número relativamente escaso de proyectos MDL contrasta con el enorme potencial energético disponible, en general, e hidroeléctrico, en particular.

**PALABRAS CLAVE:** Certificados de reducción de emisiones, créditos de carbono, reducción de emisiones, cambio climático, financiamiento de carbono, mercados voluntarios, central hidroeléctrica.

---

1 Institución Universitaria Pascual Bravo. e.duque@pascualbravo.edu.co

2 Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. japatino@unal.edu.co

## **Abstract**

With the signing of the Kyoto Protocol a new concern was introduced into society about the urgent need to limit the amount of greenhouse gas (GHG) emissions. This concern has led to the creation the so-called Carbon Market. In this scenario, a common price for carbon is established using an approach whereby, said colloquially, “the polluter pays”. In this Carbon Market, a kind of bond denominated “Certified Emission Reduction” (CER) is given to the projects through which GHG emissions are reduced. The hydropower plants are among the most popular of the projects eligible for these certificates, and these initiatives are very common in countries like Brazil, Chile and Central American nations. However, the relatively small number of this kind of projects in Colombia is in contrast with the enormous energetic potential available of several resources, in general, and of hydropower, in particular.

**KEYWORDS:** Certified Emission Reductions (CER), carbon credit, emission reductions (ER), climate change, carbon finance, voluntary markets, hydroelectric power.

## **1. Introducción**

**E**l cambio climático, producto de los Gases Efecto Invernadero (GEI), constituye uno de los grandes problemas que afronta el mundo en la actualidad. Las variaciones ambientales que se producen globalmente han planteado la responsabilidad que deben asumir las naciones, y, en especial, el sector industrial y empresarial como principales agentes de este cambio <sup>[22,24]</sup>. La contribución activa a este problema parte de los ingentes esfuerzos por reducir y capturar emisiones de GEI, y se denomina mitigación del cambio climático. No obstante, el cambio climático también es visto como una perturbación externa o imperfección del mercado, lo que justificó la creación de marcos internacionales como “compraventa de emisiones (mercado de carbono y Mecanismo de Desarrollo Limpio, o MDL), cooperación tecnológica, reducción de la deforestación y adaptación de países más frágiles” <sup>[13]</sup>.

El mercado de carbono surgió para incorporar diferencias entre naciones en el costo de reducción de GEI, al aprovechar los menores costos marginales de aquellos que pueden ser oferentes y el interés de quienes fungen como compradores. Una de las instalaciones más contaminantes con dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es una planta de generación de electricidad que consuma carbón, y, por esa razón, se le utiliza como patrón de comparación. Entonces, un proyecto que produzca o utilice energía limpia evitará la emisión de carbono en forma proporcional a esa cantidad. Bajo esta premisa, las centrales hi-

droeléctricas son consideradas como energía renovable con cero emisiones de GEI [17,26]. El estado actual del mercado de carbono presenta excelentes oportunidades de financiación para nuevos proyectos hidroeléctricos, diseñados o ejecutados dentro de un esquema de sustentabilidad y amabilidad con el medio ambiente. Se trata de la generación, por parte de estos proyectos, de los llamados bonos verdes o bonos de carbono, los cuales pueden ser transados en el mercado internacional. Los aprovechamientos hidroeléctricos se encuentran entre los más populares de los proyectos susceptibles de recibir estos certificados [25].

Sin embargo, se debe tener en cuenta que los proyectos hidroeléctricos presentan un impacto ambiental negativo en su construcción, generado por las alteraciones en los usos del suelo y por la implementación de nuevas obras. Los embalses de plantas hidroeléctricas en las zonas tropicales contribuyen con las emisiones a la atmósfera de GEI, y en particular, de  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ . Varios autores [1, 4, 5, 6, 7, 10, 23] han llevado a cabo estudios de las emisiones de gases de efecto invernadero y de los diferentes impactos ambientales producidos por embalses artificiales [6,7].

Colombia, y más específicamente Antioquia, tienen un potencial hidroeléctrico abundante y de buena calidad, gracias a la afortunada combinación de aguas ricas en caudales y regulación natural, caídas topográficas abundantes y condiciones geológicas estables en el subsuelo. Asimismo, cuenta con aceptable infraestructura de conectividad tanto vial como eléctrica para facilitar acceso a zonas de proyectos y permitir el transporte de la energía producida. Según cifras de 2010, en Antioquia se encontraban cuarenta y cinco centrales hidroeléctricas en operación, con una capacidad de 3.803 megavatios, correspondiente al 28,6% del total del país, que asciende a 13.279 MW. Además, estaban en fase de construcción seis centrales hidroeléctricas con una potencia total de 3.503 MW. El resto del potencial identificado se encuentra en diferentes etapas de estudio; se destacan las de factibilidad para 6.784 MW y diseño para 1.008 MW [14].

Estas características anteriormente mencionadas permiten que las centrales hidroeléctricas en Antioquia presenten las condiciones necesarias para desarrollarse sustentablemente y beneficiarse de la emisión de bonos de carbono sin impactar negativamente el ambiente. Por otra parte, los aprovechamientos hidroeléctricos pueden utilizarse como un instrumento para generar recursos que apalanquen el desarrollo rural [15], no solamente por

medio de los mecanismos tradicionales de las transferencias y los impuestos que se pagan a los municipios y a las corporaciones autónomas regionales, sino también mediante la conformación de cadenas productivas en las regiones y la generación de recursos provenientes del Mecanismo de Desarrollo Limpio, a través de la venta de bonos de carbono. A su vez, dado el daño que se inflige al medio ambiente, se hace necesario valorar los pasivos ambientales con el propósito de cuantificar el valor de la deuda que se deriva de la materialización del proyecto y su comparación con los beneficios obtenidos por su operación y posterior emisión de bonos de carbono.

Este documento está organizado de la siguiente manera: El capítulo dos se concentra en introducir al lector en los conceptos básicos del Mercado de Carbono, permitiendo conocer su nacimiento y las características del mismo. El tercer capítulo está dedicado a discutir los avances y trabajos recientes en el tema de Mercado de Carbono en proyectos hidroeléctricos, resaltando las experiencias MDL en centrales hidroeléctricas en Colombia y América Latina. Finalmente, en el capítulo 4 se presenta una discusión sobre las oportunidades que tiene el Mercado de Bonos de Carbono para los proyectos hidroeléctricos en Colombia, en particular para la región de Antioquia, y sus implicaciones económicas y ambientales en sus localidades de origen. Al mismo tiempo, se plantean unos posibles estudios futuros.

## **2. El protocolo de Kyoto y los mercados de carbono**

En los últimos tiempos hay un tema que ha sido de preocupación para el mundo entero: es el tema del cambio climático. La magnitud y alcance de las manifestaciones del problema han sido los principales motores para que los gobiernos empiecen a reaccionar. Fenómenos como las constantes sequías, el descongelamiento de los glaciares, huracanes e inundaciones, son solo algunas de las manifestaciones que afectan a países de todas partes del mundo.

A pesar de que el cambio climático se manifiesta desde hace varios años, tan solo en 1990 se iniciaron las declaraciones mundiales sobre el problema, por medio de los informes presentados por el Grupo Intergubernamental para el Cambio Climático, IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1990, 1992, 1995), y se empezó a tomar acción en el año 1992, con el surgimiento de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la cual entraría en vigencia a partir de 1994<sup>[13]</sup>.

En los primeros informes presentados por IPCC se hizo evidente que el problema del calentamiento global se debía en gran parte a las acciones del hombre en el pasado. Además se reconocía que la problemática se encontraba ya en una etapa muy avanzada, llegando a la conclusión de que se requería urgentemente intervención internacional.

En 1997 se pactó un tratado en el que varios países se comprometían a disminuir sus emisiones de GEI. Este acuerdo se denominó el Protocolo de Kioto (PK), un acuerdo internacional que involucra a la mayoría de los países (EEUU es la excepción más notable). En él los países industrializados se comprometen a reducir sus emisiones colectivas de GEI, por lo menos en un 5% respecto a las emisiones de 1990. Para lograr la meta, los diferentes países tendrán un período, comprendido entre el año 2008 al 2012, y denominado “primer período de compromiso”<sup>[22]</sup>.

Debido a que el cumplimiento del 5% es una meta grupal, a cada país le fue asignado un compromiso individual para llevar a cabo el objetivo, el cual depende de la cantidad de sus propias emisiones registradas en el año de 1990. Así, cada país tiene un alcance diferente que, en algunos asuntos, resulta ser positivo, como es el caso de Islandia y Noruega, y en otros resultan ser límites muy altos que pueden ser difíciles de cumplir<sup>[12]</sup>. Por esta razón se establecieron en el Protocolo mecanismos que permitan a los diferentes países del Anexo I, cumplir con sus metas a través de medios para recortar las emisiones o incrementar los sumideros de carbono a costos más bajos en otros países<sup>[21]</sup>. Estos instrumentos son: el Mecanismo de Aplicación Conjunta (artículo 6 del PK), el Mecanismo de Desarrollo Limpio (artículo 12 del PK) y el Mecanismo de Comercio de Emisiones (artículo 17 del PK)<sup>[22]</sup>.

A partir del surgimiento de los tres mecanismos, en algunos países se dieron los primeros pasos para la construcción de toda una infraestructura que posibilitara un intercambio de bonos de carbono, que posteriormente se conocería con el nombre de “Mercado de Carbono”.

## 2.1. Mecanismos del Protocolo de Kioto

Los mecanismos del Protocolo de Kioto son el instrumento económico establecido para ayudar a los países del Anexo I a cumplir sus metas. Cada uno de estos mecanismos genera bonos de carbono diferentes. A continuación se especifican.

### **2.1.1. Mecanismo de Aplicación conjunta**

Este mecanismo consiste en que los países del Anexo I podrán ejecutar proyectos que reduzcan emisiones o que absorban emisiones utilizando sumideros en otros países, que también se encuentren en el Anexo I <sup>[8]</sup>. Además, en el PK se establece que a la hora de realizar un proyecto en un país del Anexo I (Parte de Acogida), por otro país del Anexo I (Parte Inversora), dicho proyecto debe garantizar que efectivamente se reduzcan las emisiones. Ambos países se verán beneficiados por la reducción, de allí su nombre: Aplicación conjunta. La idea es que países del Anexo I se unan para cumplir juntos con su meta propuesta <sup>[11]</sup>. Los bonos generados por medio del mecanismo se denominan URE: Unidades de Reducción de Emisiones (ERU, por su nombre en inglés <sup>[21]</sup>.

### **2.1.2. Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)**

El mecanismo de Desarrollo Limpio, a diferencia del mecanismo de Aplicación Conjunta, desarrolla proyectos pero en países que pertenecen a las “Partes no incluidas en el Anexo I”, es decir, en países en desarrollo. Este mecanismo tiene dos objetivos claros. El primero de ellos consiste en que el país del Anexo I recibe una ayuda para cumplir con su compromiso del PK; y el segundo establece que a través de los proyectos que se lleguen a realizar en países en desarrollo, estos últimos se vean beneficiados con la transferencia de tecnologías ambientalmente racionales, suministradas por los países más avanzados. Desde luego, se propicia un desarrollo sostenible para los países participantes. Los bonos generados por medio de este mecanismo son conocidos como “Certificados de Reducción de Emisiones”, o CER, por su nombre en inglés <sup>[8]</sup>.

### **2.1.3. Mecanismo de Comercio de Emisiones**

El último mecanismo corresponde al mecanismo de Comercio de Emisiones. Permite a los países que pertenecen al Anexo I transferir sus derechos de emisión o Unidades de Cantidad Atribuida (UCA) a otros países <sup>[2]</sup>. Las partes del Anexo I pueden adquirir de otras partes diferentes instrumentos financieros, tales como CER, URE y UDA; estas últimas corresponden a unidades de absorción mediante actividades en el sector UTCUTS (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura).

Para facilitar el comercio de emisiones se establecieron diferentes esquemas en algunos países y regiones del mundo. En la actualidad puede hablarse de segmentos del Mercado del Carbono que corresponden a dichos esquemas, algunos de los cuales son: el Sistema de Comercio de Nueva Gales del Sur (The New South Wales Trading System, NSW), la Bolsa Climática de Chicago (Chicago Climate Exchange) y el Esquema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea, entre otros [2].

## 2.2. Funcionamiento de un mercado de CO<sub>2</sub>

El primer paso para la constitución de un mercado de carbono es la definición de un límite de emisiones para las partes que se someten al acuerdo. Actualmente, el límite de emisiones más importante que existe está consignado en el Protocolo de Kioto, donde se establecen los niveles para las emisiones de seis gases provocadores del calentamiento global: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gas metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). El límite se estableció en un porcentaje aproximado de un 95% del nivel del año 1990, a cumplirse en el período que va desde 2008 a 2012. Esta reducción es más importante de lo que parece a simple vista, ya que hasta 2012 las emisiones deberían, en primera instancia, dejar de crecer, reducirse hasta el nivel de 1990 (veintidós años atrás), para finalmente disminuir un 5% extra. Adicionalmente, existe un acuerdo complementario que involucra solamente a las naciones europeas, conocido como el “Esquema de Transferencia de Emisiones de la Unión Europea” (EU-ETS, por sus siglas en inglés). Este acuerdo establece que los límites pactados en el Protocolo de Kioto tendrán vigencia desde el año 2005 (y no desde el 2008, como es el caso del Protocolo). De este modo, el EU-ETS se convirtió en el primer mercado internacional “formal” de bonos de CO<sub>2</sub> en entrar en vigencia [2].

Contrariamente a la creencia habitual, un mercado de CO<sub>2</sub> no consiste meramente en la venta de permisos para emitir –por encima del límite–, con fines fiscales. En cambio, el mecanismo permite que aquellas partes que excedan el límite puedan adquirir permisos de aquellas cuyas emisiones se encuentren por debajo del límite. De este modo, el mecanismo “premia” la eficiencia ambiental y “castiga” a las entidades con mayor responsabilidad en las emisiones.

### **3. Los bonos de carbono para centrales hidroeléctricas en Colombia**

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto otorga un tipo de bonos llamados CER a los proyectos que por su actividad reducen las emisiones de GEI. Éstos pueden ser vendidos a actores industrializados como “permisos” para emitir más GEI del autorizado y comercializarlos en la bolsa de valores como bonos de carbono (UNFCCC). Varios autores han discutido el uso de sistemas de energía renovables en lugar de sistemas de energía convencionales en proyectos MDL y sus impactos sociales, económicos y ambientales, mostrando tendencias a la reducción total de las emisiones como producto de la instalación de sistemas de energía renovable en zonas remotas [3, 7, 19]. Sin embargo, hay que resaltar que las principales fuentes de generación de energía eléctrica en Latinoamérica son las grandes centrales hidroeléctricas, cuyas características se describen a continuación.

#### **3.1. Centrales hidroeléctricas**

El fuerte crecimiento de la demanda de energía en el mundo, y especialmente en Latinoamérica, ofrece grandes posibilidades de aprovechamiento de los recursos energéticos naturales. Según cifras de la Agencia Internacional de Energía (IEA) [27], el consumo eléctrico en Latinoamérica alcanzó los 850,000 GWh (gigavatios-hora) en 2009, siendo la energía hidroeléctrica el mayor contribuyente a la producción de electricidad, aportando el 65% del total. En Centro América esta cifra se eleva a más del 90%.

Las centrales hidroeléctricas aprovechan la energía de un caudal de agua para mover una turbina acoplada a un generador de electricidad. Pueden ser de dos tipos: con embalse o a filo de agua. El primero tiene una reserva de agua artificial (represa o embalse), que permite aumentar la altura de caída y regular el caudal que ingresa a la turbina en el tiempo; el segundo tipo carece de este reservorio y simplemente aprovecha la caída natural del río. Para las centrales hidroeléctricas se considera como insumo la energía del caudal que ingresa a la turbina, y como producto la electricidad generada.

Una central consiste en la producción de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de tres recursos naturales: agua disponible, diferencia de alturas y geología favorable. Un proyecto hidroeléctrico requiere el mayor rigor en sus estudios técnicos, ambientales y financieros para determinar la factibilidad de su construcción y operación. En forma coloquial se dice que

un aprovechamiento hidroeléctrico es factible si satisface las “seis C”: concesión, caudal, caída, conectividad, confiabilidad y caja.

Los pasivos ambientales y su influencia directa en el costo del proyecto representan uno de los aspectos más relevantes a la hora de asumir la responsabilidad de iniciar la ejecución de una hidroeléctrica. De manera integral, desde un punto de vista objetivo, los pasivos deben ser identificados y valorados de tal forma que sea posible establecer sus impactos y las medidas para mitigarlos, en una negociación responsable y comprometida con la restauración ambiental <sup>[14]</sup>. En los últimos años, el sector eléctrico colombiano se ha venido incorporando a la inversión privada en los negocios de generación, distribución y transmisión de energía, los cuales han dado lugar a la realización de grandes proyectos que se desarrollan bajo un nuevo esquema institucional y regulatorio. Para estos procesos de negociación se hace necesario considerar la mayor cantidad posible de variables de tipo ambiental y social, que implica la realización de un nuevo proyecto hidroeléctrico.

### **3.2. Experiencias MDL para centrales hidroeléctricas en América Latina y Colombia**

Latinoamérica se ha convertido en el principal proveedor de proyectos MDL en el mundo, debido, entre otras cosas, al apoyo institucional por parte de los gobiernos de la región con la implementación del Protocolo de Kioto, a contar con sistemas de aprobación de proyectos MDL funcionando favorablemente, y a la presencia de expertos locales en las instituciones de promoción del MDL. Entre esos proyectos se encuentran los aprovechamientos hidroeléctricos como proyectos susceptibles de recibir certificados de bonos de carbono.

Diversos autores <sup>[4, 5, 8, 18, 20]</sup> han evaluado proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas (SHP) como candidatos para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Tecnologías de energía renovable, que incluyen SHP, pueden contribuir a la sostenibilidad global a través de la mitigación de GEI <sup>[15, 19]</sup>. Además, estudios en países en desarrollo muestran que la inversión en tecnologías más eficientes, el uso racional de la energía y la sustitución de combustibles fósiles por renovables, reducen las emisiones de gases de efecto invernadero <sup>[19]</sup>. Dado que las SHP representan una fuente de energía renovable, con una reducción de las emisiones de GEI, es probable que el mercado MDL sea una fuente de oportunidad para su desarrollo <sup>[15, 24]</sup>

Hasta el año 2013 se tienen aprobados, ante la UNFCCC, 227 proyectos hidroeléctricos de diferentes países del mundo, de los cuales el 53,5% son presentados por países de América Latina. Colombia cuenta con ocho proyectos aprobados<sup>3</sup>. La mayor participación de proyectos hidroeléctricos en la cartera de proyectos MDL de la región se debe, entre otras razones, a que son proyectos que generalmente reducen importantes cantidades de emisiones, lo que permite contar con ingresos mayores por su venta y costear los costos de transacción de la operación MDL <sup>[9]</sup>. Además, es relativamente sencillo calcular la cantidad de emisiones que reducirían, así como establecer el plan de monitoreo y verificación. Estos proyectos, y en general, los proyectos de generación eléctrica interconectados a las redes eléctricas nacionales, como la mayoría de los eólicos, cuentan con criterios, desarrollados principalmente por el Banco Mundial, para establecer su potencial de agregación al sistema<sup>[25]</sup>.

Antioquia ha tenido experiencias positivas con MDL. Empresas Públicas de Medellín vendió bonos de la central eólica Jepirachi e invirtió parte de los ingresos en obras de beneficio de la comunidad indígena wayuu. Actualmente avanza en el proceso de vender la reducción de emisiones de las centrales La Vuelta y La Herradura. Generadora Unión ha vendido reducción de emisiones de la hidroeléctrica Agua Fresca, en Jericó, y ha cedido al municipio el 20% de los ingresos, con los que se ha sostenido el jardín botánico de la población <sup>[14]</sup>. También vendió las emisiones evitadas en la hidroeléctrica Amoyá, Tolima, y cedió a la comunidad una parte gruesa de los ingresos. Col-inversiones tramita la venta de reducción de emisiones de Hidromontañas y se propone invertir parte de los ingresos en protección ambiental de la cuenca del río Grande. La cesión a la comunidad de una parte de los ingresos por la venta de los CER genera desarrollo y bienestar en la zona, facilita el proceso de aprobación y negociación de los certificados y reduce el componente de riesgo del país en los créditos para los proyectos. Esta venta de certificados de reducción de emisiones de dióxido de carbono representa una buena oportunidad de ingresos y beneficios sociales para Colombia, en especial si se aprovecha con las pequeñas y medianas centrales hidroeléctricas. <sup>[14]</sup>

---

3 Información obtenida el 15 de mayo de 2013 en el buscador de proyectos de la UNFCCC. <http://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>

## 4. Comentarios finales

Teniendo en cuenta el contenido de las secciones anteriores, se puede decir que existen grandes posibilidades para Colombia, y particularmente para Antioquia, de participación en el Mercado del Carbono. Sin embargo, hay interrogantes que deben ser resueltos desde los análisis económico y ambiental, acerca de la determinación de los aportes que la aplicación del mecanismo de bonos de carbono aporta al desarrollo sustentable en el actual escenario de los proyectos hidroeléctricos en Antioquia. Además, otro ítem a tener en cuenta está constituido por el reconocimiento de las condiciones que exigen los proyectos hidroeléctricos de Antioquia y Colombia para desarrollarse sustentablemente y beneficiarse de la emisión de bonos de carbono sin impactar el ambiente de forma negativa.

La respuesta a esas cuestiones abiertas implica determinar las posibilidades de aplicación de una metodología para certificar los proyectos hidroeléctricos en Antioquia bajo el mecanismo de desarrollo limpio, ya sea en un mercado regulado o voluntario de bonos de carbono. Por otra parte, la efectividad del instrumento económico deberá ser validada teniendo en cuenta los costos de operación, los costos ambientales y tiempos muertos, comparados con otras tecnologías de generación de energía eléctrica, por medio de un análisis de identificación de costos y beneficios.

En caso de que se demuestre la viabilidad de la aplicación de estas herramientas en los proyectos de generación hidroeléctrica en el Departamento y el país, los excedentes financieros que se presenten pueden ser destinados para la financiación o restauración del capital natural de los proyectos hidroeléctricos, como mecanismo de compensación de los impactos ambientales producidos en el ciclo del programa. Además, este mismo análisis puede extenderse hacia la implementación de los mecanismos en otras tecnologías de generación de energía en todo la nación, permitiendo el desarrollo del mercado de carbono en Colombia.

## 5. Referencias

- [1] G. Abril, F. Guérin, S. Richard, R. Delmas, C. Galy-Lacaux, P. Gosse, *et al.* "Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-year old tropical reservoir (Petit Saut, French Guiana)". *Global Biogeochemical Cycles* 2005; 19.

- [2] H. Aragón, (2008). El Mercado del Carbono: construcción institucional, funcionamiento y perspectivas. Economía Informa.
- [3] A. K. Akella, R. P. Saini, M. P. Sharma. “Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems”. *Renewable Energy* 2009; 34:pp.390e396.
- [4] R. M. Barros, G. L. Tiago, F. G. B. Silva. “Preliminary estimates on small hydropower and the clean development mechanism in the Brazilian panorama”. In: SHP conference e marketing & environment, 5. 2009. São Paulo. Proceedings. Itajubá: National Reference center for small hydro power e CERPCH; 2009.
- [5] R. M. Barros, G. L. Tiago, F. G. B. Silva. “Preliminary estimate of net carbon credits for a project of SHP in isolated and interconnected national systems”. In: SHP conference e marketing & environment, 5. 2009. São Paulo. Proceedings. Itajubá: National Reference Center for Small Hydro Power eCERPCH; 2010.
- [6] D. A. Devault, G. Merlina, P. Lim, J. L. Probst, E. Pinelli. “Multi-residues analysis of pre-emergence herbicides in fluvial sediments: application to the mid-Garonne river”. *Journal of Environmental Monitoring* 2007; 9:009e1017.
- [7] D. A. Devault, M. Gerino, C. Laplanche, F. Julien, P. Winterton, G. Merlina, *et al.* “Herbicide accumulation and evolution in reservoir sediments”. *Science of the Total Environment* 2009; 407(8):2659e65. ISSN 0048e9697.
- [8] D. Ghosh, P. R. Shukla, A. Garg, P. V. Ramana. “Renewable energy technologies for the Indian power sector: mitigation potential and operational strategies”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2002; 6(6):481e512.
- [9] L. Eguren. “El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas”. CEPAL. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. Santiago de Chile, marzo de 2004. Naciones Unidas.
- [10] F. Guerin, G. Abril, A Junet, M. P. Bonnet. “Anaerobic decomposition of tropical soils and plant material: implication for the CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> budget of the Petit Saut reservoir”. *Applied Geochemistry* 2008; 23(8):2272e83. ISSN 0883-2927.
- [11] C. Hepburn, (2007). “Carbon Trading: A Review of the Kyoto Mechanisms”. *The Annual Review of Environment and Resources*, 375-393.
- [12] Naciones Unidas. Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 1998.
- [13] PNUMA y UNFCCC. Para comprender el cambio climático: Guía elemental de la Convención Marco de las Naciones Unidas y el Protocolo de Kioto. 2002.
- [14] Potencial Hidroeléctrico de Antioquia. Inventario, perspectivas y estrategias. Banco de iniciativas regionales para el desarrollo de Antioquia – BIRD. Abril, 2011.

- [15] P. Purohit, "Small hydro power projects under clean development mechanism in India: a preliminary assessment". *Energy Policy* 2008; 36(6):2000e15. ISSN0301-4215.
- [16] P. Purohit, T. C. Kandpal. "Renewable energy technologies for irrigation water pumping in India: projected levels of dissemination, energy delivery and investment requirements using available diffusion models". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2005; 9(6):592e607.
- [17] Sheng Zhou, Xiliang Zhang, Jinghe Liu. "The trend of small hydropower development in China". *Renewable Energy* 34 (2009) 1078–1083
- [18] N. Tanwar. "Clean development mechanism and off-grid small-scale hydropower projects: evaluation of additionality". *Energy Policy* 2007; 35(1):714e21. ISSN 0301-4215.
- [19] G. L. Tiago, Jr. A. Stano, Jr. A. Brasil, J. T. Ferrari, H. Lemos, C.F. Nunes, *et al.* "Small hydroelectric exploitations". Ministry of mines and energy Brasilia; 2008. p. 216.
- [20] G. R. Timilsina, R. M. Shrestha, "General equilibrium effects of a supply side GHG mitigation option under the clean development mechanism". *Journal of Environmental Management* 2006; 80:327e41.
- [21] UNFCCC. *Cuidar el clima. Guía de la Convención Marco sobre el cambio climático y el Protocolo de Kioto*. Bonn, Alemania: Secretaría de la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC), 2005.
- [22] United Nations Framework Convention on Climate Change. *United Nations Framework Convention on Climate Change* 2010. Retrieved 16-6-2009, from <http://unfccc.int/2860.php/>
- [23] J. F. Van de Vate, "Comparison of energy sources in terms of their full energy chain emission factors of greenhouse gases". *Energy Policy* 1997; 25(1):1e6. ISSN 0301-4215.
- [24] P. M. Vitousek, (1992). "Global environmental change an introduction". *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23, 1-14.
- [25] World Bank Institute. (2009). *State and Trends of the Carbon Market 2009*.
- [26] Zhou Sheng, Liu Jinghe. "Competitiveness of China in small hydropower market". *China Water Resources* 2006; 18:P45–7.
- [27] International Energy Agency (2013, May 20). *Latin America: Statistics* [Online]. Available at: [http://www.iea.org/stats/regionresults.asp?COUNTRY\\_CODE=21&Submit=Submit](http://www.iea.org/stats/regionresults.asp?COUNTRY_CODE=21&Submit=Submit).