



PROSPECTIVA

ISSN: 1692-8261

rprospectiva@gmail.com

Universidad Autónoma del Caribe  
Colombia

Pasqualino, Jorgelina; Cabrera, Cristina; Vanegas Chamorro, Marley  
Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el  
Caribe Colombiano  
PROSPECTIVA, vol. 13, núm. 1, enero-junio, 2015, pp. 68-75  
Universidad Autónoma del Caribe

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496250641008>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# **Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano**

## **The environmental impacts of folic and solar energy implementation in the Colombian Caribe**

**Jorgelina Pasqualino<sup>1</sup>, Cristina Cabrera<sup>2</sup>, Marley Vanegas Chamorro<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>*Fundación Universitaria Tecnológica Comfenalco. Grupo de Investigación Ambiental GIA. Cartagena de Indias, Colombia.*

<sup>3</sup>*Universidad del Atlántico. Facultad de Ingeniería. Grupo en Gestión Eficiente de Energía Kaí. Barranquilla, Colombia.*

*E-mail: jpasqualino@tecnocomfenalco.edu.co,*

*Recibido 20/11/14, Aceptado 29/12/2014*

**Cite this article as:** J. Pascualino, C. Cabrera, M. Vanegas, "The environmental impacts of folic and solar energy implementation in the Colombian Caribe", *Prospect*, Vol 13, N° 1, 68-75, 2015.

### **RESUMEN**

La línea de base en la evaluación ambiental de proyectos permite realizar la descripción de la situación actual, determinar la fecha en la que se realiza el estudio, sin influencia de nuevas intervenciones antrópicas. La descripción realizada tiene en cuenta factores bióticos, abióticos y socioeconómicos, que afectan al proyecto en cada una de sus fases; tales influencias o impactos se han evaluado para el caso de las energías renovables, específicamente energía eólica y solar para el caribe colombiano con el fin de determinar la pertinencia de ejecutar planes de atenuación.

Entre las fuentes energéticas más amigables con el medio ambiente se encuentran las energías eólica y fotovoltaica, debido a que no contaminan y que a su vez su utilización no implica el agotamiento de la misma para satisfacer la demanda energética de la humanidad al momento de aprovechar los recursos disponibles de la radiación solar y velocidad del viento, lo cual brinda significativos menores impactos respecto a los sistemas tradicionales de generación de energía. Este artículo muestra de manera sintética los resultados de la evaluación ambiental de proyectos de energía solar fotovoltaica y eólica en la Región Caribe Colombiana, con énfasis en la Guajira, la cual fue realizada con la metodología de la línea base, la identificación y evaluación de impactos mediante el método simplificado de Conesa. Dentro de los resultados obtenidos se destaca de los impactos no son significativos en las etapas de construcción y desmonte de un sistema solar fotovoltaico, debido a que la fabricación de la cimentación, remoción de suelo y transporte de materiales de construcción y maquinaria no es permanente sino temporal, mientras que en operación los impactos son prácticamente nulos y se reducen a los asociados a las tareas de mantenimiento.

**Palabras clave:** Energía eólica, Energía solar, Evaluaciones ambientales, Impactos ambientales, Matriz de impactos.

### **ABSTRACT**

The baseline environmental assessment of projects allows the description of the current situation, determine the date on which the study is conducted without influence of new human actions. The description taken into account biotic, abiotic and socioeconomic factors affecting the project in each of its phases; such influences or impacts have been evaluated for the case of renewable energy, particularly wind and solar energy for the Colombian Caribbean in order to determine the relevance of executing mitigation plans.

Among the most friendly energy sources to the environment are the wind and photovoltaic energy, because they do not pollute and do not turn your use does not imply exhaustion of it to meet the energy demand of mankind when leverage resources of solar radiation and wind speed available, providing significant minor impacts compared to traditional power generation systems. This article shows the summary of the results of the environmental assessment of projects solar photovoltaic and wind in the Colombian Caribbean region, with emphasis on the Guajira, which was conducted using the methodology of the baseline, identification and impact assessment using the simplified method Conesa. Within results, it stands out from the impacts are not significant in the stages of construction and dismantling of a solar photovoltaic system, because the production of foundation, soil removal and transport of construction materials and machinery is not permanent but temporary, while in operation impacts are practically nil and reduced the associated maintenance.

**Keywords:** Wind energy, Solar energy, Environmental assessments, Environmental impacts, Impact matrix.

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, especialmente en Europa y Norte América, se contempla dentro de su desarrollo la utilización de métodos para el aprovechamiento y la generación de energías alternativas como contribución a la reducción de emisiones de gases efecto invernadero como el CO<sub>2</sub>, que contribuyen al aceleramiento del calentamiento global. De esta manera este tipo de energías son tomadas como acciones de mitigación y de aprovechamiento sostenible que contemplan la utilización de las radiaciones solares y la potencia del viento para transformar energía.

La instalación y uso de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE), tales como la energía eólica y la fotovoltaica, al igual que todo proyecto que se ejecute en una región, tienen asociados unos impactos ambientales, sociales y económicos que se deben evaluar con el fin de tomar decisiones tales como el lugar de ubicación del proyecto, el tamaño de la instalación, etc. Con el fin de considerar todos los posibles impactos de un proyecto de este tipo se deben evaluar los impactos en las 3 fases principales de su ejecución: construcción, operación y desmantelamiento.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un procedimiento que incluye una descripción del tipo de proyecto a evaluar, las actividades que en él se desarrollan, la línea base del área de influencia directa e indirecta del mismo, la relación (mediante identificación y evaluación) entre los factores potencialmente afectados de la línea base y las acciones del proyecto que producirán impacto y el plan de manejo ambiental, el cual contiene las medidas de mitigación de los impactos más significativos [1, 2].

Algunos estudios [3-12] muestran que dentro de la etapa de construcción, operación y desmantelamiento de proyectos de energía eólica y solar, los impactos generados dentro de los componentes bióticos (flora y fauna), abióticos (aire, agua, suelo, paisaje, clima), y socioeconómicos

(economía local, factores sociales y culturales), son mínimos en comparación con los impactos generados por los sistemas tradicionales de generación de energía. Como antecedente nacional, está el estudio de Impacto Ambiental del parque Eólico Jepirachi de EPM el cual está operando actualmente en Colombia en el Departamento de La Guajira. De igual manera se tuvieron algunas consideraciones realizadas por ISAGEN quien también realizó un estudio de Impacto Ambiental en la zona.

En Colombia, el procedimiento para la obtención de una licencia ambiental de un proyecto se rigen de acuerdo con el Decreto 2820 de 2010 [13], en el que se especifica para cada tipo de proyecto, la autoridad ambiental competente (que puede ser el propio Ministerio así como las corporaciones autónomas regionales, los municipios, etc.) y el tipo de documentación a presentar. En el caso de los proyectos de construcción y operación de centrales generadoras de energía eléctrica con capacidad instalada igual o superior a 100 MW, o el tendido de las líneas de transmisión del sistema nacional de interconexión eléctrica, la autoridad competente será el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, mientras que en los proyectos menores será la Corporación Autónoma Regional correspondiente. Con respecto a la documentación exigible, los proyectos de construcción y operación de centrales generadoras de energía eléctrica y el tendido de líneas nuevas de transmisión del sistema nacional de interconexión eléctrica, requieren la realización de un DAA, además del EIA.

La línea base de un proyecto describe la situación en que se encuentra el lugar de ubicación del proyecto, antes de que se ejecute el mismo. Dicha descripción incluye los factores bióticos (flora y fauna), abióticos (aire, agua, suelo, paisaje, clima), y socioeconómicos de la zona de estudio. Las actividades del proyecto se clasifican como Acciones Susceptibles de Producir Impacto (ASPI) y se clasifican en función de la etapa o fase del proyecto en la que se ejecutarán [1, 2].

La identificación de los impactos ambientales se realiza mediante la vinculación de cada ASPI con el factor del medio potencialmente afectado. Para realizar dicha identificación existen numerosas metodologías, tales como los cuestionarios, listas de chequeo, árboles de relación, diagramas o redes de interacción y las matrices de relación causa-efecto, entre otros. Luego de identificar los posibles impactos, estos deben ser evaluados con el fin de clasificarlos de acuerdo a la intensidad sus consecuencias y así poder identificar aquellos impactos críticos y severos sobre los que se debe actuar. Para la evaluación de los impactos se han desarrollado numerosas metodologías tales como la matriz de Leopold, la matriz de Grandes Presas, el método de Arboleda, el método de Conesa, el método de Batelle-Columbus, el método integral, la superposición de mapas, entre otros, los cuales difieren en el tipo de evaluación (cuantitativa, cuantitativa o mixta), el número y tipo de atributos evaluados, la forma de valoración y ponderación de cada uno de los atributos, el método de agregación de los atributos, y la clasificación final de los impactos (generalmente en compatibles, moderados, severos y críticos) [1, 2].

El presente artículo presenta los resultados de la Evaluación de Impactos Ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en la Región Caribe con énfasis en la Guajira.

### **1.1 Ciclo de vida de la energía fotovoltaica**

El ciclo de vida de una instalación de energía fotovoltaica se limita a la fabricación, instalación y operación de la propia instalación. Los componentes del sistema dependen del tipo de aplicación (autónoma o conectada a la red) y de las características de la instalación. Los sistemas autónomos incluyen los paneles fotovoltaicos, los acumuladores, el regulador de carga y el inversor, mientras que los sistemas conectados a red no tienen acumuladores ni reguladores de carga, ya que la electricidad producida se vierte a la red. El componente principal de la instalación son los paneles fotovoltaicos, cuya fabricación representa los principales impactos a lo largo del ciclo de vida de la instalación. La producción de 1 kWh de energía fotovoltaica tiene asociadas unas emisiones de 81,2 g CO<sub>2</sub> equivalentes, así como el consumo de 9,35 litros de agua, aproximadamente 95 % de los cuales se asocian al proceso de fabricación de las celdas de silicio [3]. A pesar de esto, el silicio es el segundo elemento mayoritario en la Tierra y no es tóxico, con lo cual el impacto de su extracción, purificación y manipulación está asociado al consumo de energía y materiales. El proceso de conversión de energía solar en electricidad está prácticamente libre de emisiones y generación de ruidos, ya que las únicas partes móviles son los dispositivos de seguimiento solar, si los hubiera, los cuales se desplazan muy lentamente. Los principales

impactos reportados durante la operación son los impactos visuales de afectación al paisaje [14].

## **2. METODOLOGÍA**

La elaboración del presente estudio estuvo organizada en las siguientes fases:

**Fase 1:** Revisión bibliográfica de los impactos ambientales asociados a las energías eólica y fotovoltaica mediante artículos científicos, tesis de grado y maestría y estudios de impacto ambiental de proyectos ya ejecutados en diferentes regiones del mundo. Esta revisión bibliográfica tuvo como finalidad identificar los impactos reportados para ambos tipos de energía sobre los factores biótico, abiótico y socioeconómico, las actividades involucradas en las etapas de construcción, operación y fin de vida, y las medidas de manejo propuestas en cada caso.

**Fase 2:** Elaboración de la línea base para la región Caribe Colombiana con énfasis en la Guajira, considerando los aspectos más significativos de la región. Esta línea base se elaboró de forma general, haciendo énfasis en aquellos factores del medio que se hayan reportado como más afectados en proyectos eólicos y fotovoltaicos desarrollados en otras regiones. Además se hizo especial énfasis en aquellos factores que caracterizan la zona de estudio y que podrían verse afectados por el proyecto, tales como los aspectos culturales.

**Fase 3:** Elaboración del listado de actividades susceptibles de producir impacto (ASPI), haciendo énfasis en las particularidades de la región de estudio. Las actividades se clasificaron según su ocurrencia en las etapas de construcción, operación o desmantelamiento de una instalación.

**Fase 4:** Identificación de impactos ambientales mediante el uso de una matriz de relación causa-efecto donde se relacionan los factores ambientales identificados en la línea base con las ASPI de cada etapa.

**Fase 5:** Evaluación de impactos ambientales según el método de Conesa simplificado [1, 2]. Dicho método evalúa cada impacto identificado mediante 10 criterios diferentes, tal como se detalla en la tabla 1, y asigna al impacto el signo (+) o (-) según cause un beneficio o perjuicio sobre el factor afectado. La importancia del impacto (en el rango 13 a 100) se calcula de acuerdo con la Ec. (1), clasificando como irrelevantes o compatibles los impactos con importancia inferior a 25, moderados los impactos con importancia entre 25 y 50, severos aquellos con importancia entre 50 y 75 y críticos los de importancia superior a 75.

$$I = (3 \cdot IN + 2 \cdot EX + MO + PE + RV + MC + SI + AC + EF + PR) \quad (1)$$

**Tabla 1.** Criterios de evaluación utilizados en el método de Conesa simplificado [1, 2].**Table 1.** Evaluation criteria used in the simplified method Conesa [1, 2].

Criterio	Valor inferior	Valor superior	Signification
Intensidad (IN)	1: afectación mínima	12: destrucción total	Grado de destrucción del área afectada.
Extensión (EX)	1: puntual	8: generalizada o total (+4 si el área es crítica)	Área de influencia del impacto con respecto al entorno.
Momento (MO)	1: largo plazo (>5 años)	4: inmediato o corto plazo	Relaciona el tiempo entre la actividad que produce el impacto y el efecto sobre el factor.
Persistencia (PE)	1: fugaz	4: permanente	Tiempo que permanecerá el efecto desde su aparición.
Reversibilidad (RV)	1: corto plazo	4: irreversible	Posibilidad de recuperación natural del factor afectado.
Recuperabilidad (MC)	1: inmediato	8: irrecuperable	Posibilidad de recuperación del factor afectado por medio de la intervención humana.
Sinergia (SI)	1: simple	4: muy sinérgico	Refleja el reforzamiento de dos o más efectos simples.
Acumulación (AC)	1: simple	4: acumulativo	Incremento progresivo de la manifestación del efecto.
Efecto (EF)	1: indirecto	4: directo	Relación causa-efecto.
Periodicidad (PR)	1: irregular o discontinuo	4: constante o continuo	Regularidad de la manifestación del efecto.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Línea base de la Región Caribe con énfasis en la Guajira

##### 3.1.1 Factor abiótico

La región Caribe es una de las zonas más presionadas en cuanto a la relación entre la oferta hídrica superficial y la demanda de agua en las cabeceras municipales [15]. A pesar de la gran oferta hídrica de Colombia, los departamentos de la Guajira, Cesar y Atlántico presentan índices de sequía altos. Esto se suma a que aproximadamente el 50% de estos recursos tienen problemas de calidad, debidos a vertimientos de la industria, el sector agropecuario y las aguas domésticas [16]. Dentro de Colombia, la región Caribe presenta los más bajos niveles de precipitación anual (500-1500 mm), en particular la península de la Guajira. Adicional a esto, la región cuenta con las mayores temperaturas medias del país (24 a 28°C), con baja variabilidad a lo largo del año. Estos factores afectan a la disponibilidad y calidad del agua en la región, y potencian aquellos impactos relacionados con el consumo de agua y el vertido de contaminantes a la misma.

**Factor abiótico – Aire:** En las ciudades de la región Caribe los niveles de contaminación del aire son moderados, presentando puntos críticos en las zonas industriales, tales como la zona industrial de Cartagena y Bocagrande donde los niveles de partículas suspendidas totales y ozono superan los máximos permisibles. En Atlántico y Magdalena, los valores por encima del umbral se presentan para las emisiones de material particulado, que en el caso del municipio de Santa Marta en Magdalena, se pueden asociar con las actividades de carga y descarga de carbón [16].

**Factor abiótico – Suelo:** En la región Caribe, a excepción de la Guajira, predominan las áreas de uso agrícola, especialmente de cultivo de yuca, seguidas de las zonas húmedas o con superficie de agua. La región es además la más afectada por la desertificación, especialmente en la Guajira donde más del 75% del territorio se clasifica en categorías de desertificación alta y muy alta. Los procesos erosivos y su consecuente degradación del suelo se presentan en la región Caribe, especialmente en la línea de costa, siendo la Guajira el departamento con mayor número de kilómetros de playa erosionados (183 km). Los problemas de salinidad del suelo también se presentan en Magdalena, Sucre y La Guajira [16].

**Factor abiótico – Residuos sólidos:** En Colombia en 2009, el 93% de los residuos sólidos se dispusieron de forma adecuada, 92,14% de ellos en rellenos sanitarios, 1,34% reaprovechados como recurso, 0,08% dispuesto en los cuerpos de agua, 5,69% dispuestos en botaderos satélite y 0,75% quemados o enterrados [15, 17], con una producción entre 8,36 y 8,92 millones ton/año (en el período 2006-2009). Sin embargo se observan serias desigualdades dentro del país, especialmente en la región Caribe, donde, en las áreas rurales, los residuos son usualmente quemados, enterrados, dispuestos en terrenos abandonados, o en cuerpos de agua, ocasionando importantes impactos ambientales, y potenciando la proliferación de vectores de enfermedades que ponen en riesgo la salud de la población más vulnerable [16].

### **3.1.2 Factor biótico**

**Factor biótico – ecosistemas:** El Caribe Colombiano se caracteriza por albergar una gran diversidad de ecosistemas terrestres, acuáticos marinos, marino-costeros y acuáticos continentales, incluyendo algunos de los ecosistemas con mayor biodiversidad del planeta, como son los bosques tropicales, arrecifes coralinos y manglares, entre otros. Los ecosistemas de la región tienen una productividad biológica muy alta, siendo por ello de gran importancia para las economías locales [16]. Los departamentos de la región Caribe con mayor porcentaje de área natural, son la Guajira (74,96%) y Bolívar (50,6%). En cuanto a los niveles de alteración, la Guajira es el departamento con el menor porcentaje de área transformada (25%) [16].

**Factor biótico – Vegetación:** De las tres grandes regiones con Bosque seco Tropical en Colombia, la llanura Caribe, incluyendo el sur de la Guajira, es la región con mayor cobertura en la actualidad. [18]. El departamento de La Guajira posee además regiones con bosque nublado y páramo, además de zonas sin vegetación [19, 20]. La región posee además numerosos ecosistemas de manglar, principalmente en la Ciénaga Grande de Santa Marta, el canal del Dique y los deltas de los ríos Sinú y Atrato [15].

**Factor biótico – Fauna:** La región Caribe se caracteriza por la presencia de numerosos especies de aves, además de reptiles y pequeños mamíferos. En cuanto a las aves, se encuentran especies migrantes locales, estacionales transfronterizas, algunas con población reproductiva en la región [21].

### **3.1.3 Factor socioeconómico**

**Factor socioeconómico – Economía local:** De acuerdo con las cifras publicadas por el DANE, la economía de la región Caribe tuvo un crecimiento del PIB superior al nacional para el período 2000-2011, aunque con el menor

crecimiento en el PIB per cápita, debido al crecimiento de la población regional. En cuanto a las tasas de empleo, las mismas aumentaron en Sucre y La Guajira [22].

**Factor socioeconómico - Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación:** En general, la Guajira es el departamento con mayores debilidades en cuanto a las capacidades y formación científica, contando con el menor número de investigadores, la menor producción científica, menor inversión en actividades de CTI y menor proporción de proyectos financiados por Colciencias, con respecto al resto de departamentos de la región. Esta situación influye directamente en el desarrollo científico y tecnológico del departamento, que sufre atrasos no solo en materia científica y tecnológica, sino en otras áreas de desarrollo tanto económico como social [23]. La cobertura en educación primaria, secundaria, media y superior en la región es más alta en el departamento de Atlántico y más baja en la Guajira [19].

**Factor socioeconómico - Aspectos sociales:** La población de la región Caribe alcanza los 10,2 millones de personas (22% de la población del país), con una tasa de crecimiento por encima de la nacional. La distribución de la población dentro de la región, se concentra en las áreas urbanas, especialmente en Atlántico (96%). En cuanto a la salud, las enfermedades transmisibles más graves que se presentan en la región son la malaria (especialmente en Córdoba), el dengue (especialmente en Sucre, Cesar y la Guajira) y la tuberculosis. Los Índices de Pobreza han descendido en la región en el período 1997-2011, sin embargo la brecha con respecto a la situación nacional se ha mantenido, observando claras desigualdades entre las zonas urbanas y rurales. La inseguridad alimentaria en la región alcanza el 50%, a pesar de ser una región con una economía dedicada al cultivo de alimentos básicos. Las tasas de desnutrición crónica y global más altas de la región en 2010, se ubicaron en la Guajira (siendo globalmente el departamento con tasas más altas a nivel nacional), y las más bajas en Bolívar y Cesar [19].

**Factor socioeconómico - Aspectos culturales:** La región Caribe es rica en diversidad y riqueza del patrimonio cultural material, inmaterial y natural, destacando las comunidades Wayuu, Arhuaco y del Resguardo Zenú, que conservan su cultura, prácticas económicas y religiosas [24]. Cualquier proyecto que se ejecute en esta región debe tener en cuenta las zonas sagradas para dichas comunidades.

## **3.2 Evaluación de impactos ambientales**

La identificación de las Acciones Susceptibles de Producir Impacto (ASPI) en Proyectos de energía fotovoltaica y eólica se dividió en las etapas de construcción, operación y desmantelamiento, teniendo en cuenta la descripción de

**Tabla 2:** Resultados finales de matriz y valoración de impactos.

**Table 2.** Final results matrix and evaluation of impacts.

proyectos desarrollados alrededor del mundo y las características puntuales de la zona de estudio [3, 4, 6, 7, 12]. Dichas ASPI fueron ubicadas en una matriz de relación causa-efecto en la que se identificaron las relaciones entre las ASPI y los factores del medio. La evaluación de los impactos identificados mediante el método de Conesa simplificado fue incluida en la matriz para resaltar la clasificación de cada tipo de impacto (Tabla 2).

## 4. CONCLUSIONES

En este artículo se presentan los resultados de la Evaluación ambiental de proyectos de energía fotovoltaica y eólica en la Región Caribe, con énfasis en la Guajira, a través de la elaboración de la línea base. La identificación y evaluación de los impactos se realizó mediante el método de Conesa simplificado, el cual evalúa cada uno mediante 10 criterios diferentes y asigna al impacto correspondiente el signo (+) o (-) según cause un beneficio o perjuicio sobre el factor afectado. Los factores de interés fueron, los factores bióticos (flora y fauna), abióticos (aire, agua, suelo, paisaje, clima), y socioeconómicos de la zona de estudio. Las conclusiones del estudio se citan a continuación.

- Como se observó en la matriz, el factor socioeconómico presenta numerosos impactos positivos debidos a la generación de empleo, la disponibilidad de energía en zonas no-interconectadas, la generación de nuevo conocimiento, entre otros.

- Los impactos negativos más significativos fueron clasificados como moderados, alcanzando niveles de importancia máximos de 28 puntos sobre 100 posibles. Esto confirma el hecho de que los proyectos de energías no convencionales, y especialmente la energía fotovoltaica, presentan impactos poco significativos a lo largo de su ciclo de vida.
  - Los impactos identificados en las fases de construcción y desmantelamiento son los más significativos en cuanto a las emisiones de gases, partículas, vertidos líquidos, consumo de recursos, generación de residuos y afectación permanente del medio biótico. En particular, la construcción de las vías de acceso y las edificaciones auxiliares causan los impactos más significativos sobre la vegetación, la fauna y el suelo. La implementación de este tipo de proyectos debe priorizar aquellas zonas de menor presencia de vegetación con el fin de minimizar los impactos.
  - Otro impacto significativo es el debido al consumo de agua, pues la región caribe es una zona especialmente sensible en ese aspecto, particularmente en la Guajira. El principal consumo de agua se da en el proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos, los cuales no se fabrican en la región de estudio y por lo tanto deben traerse desde Europa o Estados Unidos. Por este motivo, el consumo de agua de esta actividad no tendrá un impacto significativo en el área de influencia

directa del proyecto. En el marco de un proyecto local, los consumos de agua estarán centrados en la fase de construcción, la cual es temporal, y la fase de mantenimiento de la instalación, en la cual debe realizarse limpieza de los paneles, la cual se incrementa en los períodos de sequía debido a la acumulación de polvo sobre los paneles.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo recibido por Colciencias, los estudiantes del semillero Ingenio Ambiental (IGA), el grupo de Investigación Ambiental (GIA) de la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco por su colaboración y al Grupo de Investigación Gestión Eficiente de la Energía KAI de la Universidad del Atlántico.

## REFERENCIAS

- [1] J.A. Arboleda-González, Manual para la Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades, Medellín, Colombia, 2008.
- [2] V. Conesa, Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental, Ediciones Mundi-Prensa, 2010.
- [3] J. Rodrigo, N. Cañellas, M. Meneses, F. Castells y C. Solé, El consumo de energía y el medio ambiente en la vivienda en España - Un análisis de ciclo de vida (ACV), Fundación Gas Natural, Barcelona, España, 2008. ISBN: 978-84-612-2604-7.
- [4] Caribbean Community Climate Change Centre (CCCCC), Environmental Impact Assessment of the Installation of a Photovoltaic Solar Powered Salt Water Reverse Osmosis Plant at Paget Farm Bequia, 2012.
- [5] Fiallos & Asociados S. A. – Consultores, Estudio de Impacto Ambiental del Parque Eólico EOLICA WIND POWER, 2011.
- [6] D. Kammen, J. Nelson, A. Mileva, and J. Johnston, An Assessment of the Environmental Impacts of Concentrator Photovoltaics and Modeling of Concentrator Photovoltaic Deployment Using the SWITCH Model, 2011.
- [7] J. Sánchez Pin, Proyecto para la instalación de una planta de energía solar fotovoltaica con conexión a red.
- [8] TAXUS Gestión Ambiental, Ecología y Calidad SL, Estudio de impacto ambiental, Proyecto de Instalación del Parque Eólico Carrueiro II, para: ELECTRA NORTE ENERGIA SAU, 2013.
- [9] Wayúu S.A. E.S.P. e ISAGEN S.A. E.S.P. Estudio de impacto Ambiental. Proyecto Parque Eólico, 2008.
- [10] Gaelectric Developments LTD, Rockmarshall Wind Farm, Environmental Impact Statement Non-Technical Summary, 2011.
- [11] E. HAU, Windkraftanlagen. Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit. Ed. Springer, 2008. ISBN 978-3-540-72150-5.
- [12] ARC, Consultores en Medioambiente SL. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Instalación Solar Fotovoltaica de 300 (3x100) KW con Seguidores en el Valle de Arana (Álava), 2008.
- [13] Ministerio de Ambiente, Colombia, Vivienda y Desarrollo Territorial, Decreto 2820 de 2010 por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales.
- [14] N. Jungbluth, M. Stucki and R. Frischknecht R., Photovoltaics, Ecoinvent report No. 6-XII, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Switzerland, 2009.
- [15] IAvH, IDEAM, IIAP, INVEMAR, SINCHI, Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables 2010, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Bogotá D.C., Colombia, 2011.
- [16] G. Márquez, M. Rodríguez y B. Vergara, Perfil medio ambiental, en: Diálogos desde el Caribe. Desarrollo Regional. Perfiles de la región Caribe colombiana por dimensiones de desarrollo, no 5, tomo 2, Observatorio del Caribe Colombiano, 2014.
- [17] Departamento Administrativo De Planeación (DAP), Colombia, Bolívar, 2012. Plan de Desarrollo Departamento de Bolívar 2012-2015: Bolívar Ganador.
- [18] Instituto Alexander von Humboldt (IAvH), Programa de Inventario de la Biodiversidad Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental GEMA. El Bosque seco Tropical (Bs-T) en Colombia. En: El Bosque seco Tropical en Colombia, 1998, [en línea] <http://media.utp.edu.co/ciebreg/archivos/bosque-seco-tropical/el-bosque-seco-tropical-en-colombia.pdf> [citado junio 9 de 2014].
- [19] J. Campos, Y. Coneo y W. Rodríguez, Perfil socio cultural. en: Diálogos desde el Caribe. Desarrollo Regional. Perfiles de la región Caribe colombiana por dimensiones de desarrollo, no 4, tomo 1. Observatorio del Caribe Colombiano, 2014.

- [20] J.M. Dupuy, M. Santamaría y J. Cavelier, Estructura del Bosque Enano Nublado de la Serranía de Macuira, Colombia, en Laderas de Barlovento y Sotavento. In: Biotrópica, 1993, vol. 25, no. 3, p. 340-344. Published by: The Association for Tropical Biology and Conservation, 1993.
- [21] L.G. Naranjo, J.D. Amaya, D. Eusse-González, y Y. Cifuentes-Sarmiento, editores, Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Aves. Vol. 1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF Colombia. Bogotá, D.C. Colombia. 708 p. 2012.
- [22] J. Santamaría y P. Wright, Perfil económico-productivo, en: Diálogos desde el Caribe. Desarrollo Regional. Perfiles de la región Caribe colombiana por dimensiones de desarrollo, no 4, tomo 1. Observatorio del Caribe Colombiano, 2014.
- [23] A. Ortega Hoyos, Perfil ciencia, tecnología e innovación. En: Diálogos desde el Caribe. Desarrollo Regional. Perfiles de la región Caribe colombiana por dimensiones de desarrollo, no 4, tomo 1. Observatorio del Caribe Colombiano, 2014.
- [24] Observatorio del Caribe Colombiano. [en línea] <http://www.ocaribe.org/caracterizacion.php> [citado en 11 de junio de 2014].