



# Propuesta de un modelo para evaluar impactos asociados al componente flora en proyectos de desarrollo\*

Luz Bibiana Moscoso Marín Jorge\*\*, Luis Montealegre Torres\*\*\*

**Proposal of a model to assess impacts associated to the flora component in development projects**

**As práticas produtivas tradicionais e suas características no território de comunidade negra: caso rio Bebará-Medio Atrato chocoano**

## RESUMEN

**Introducción.** La metodología tradicionalmente utilizada para identificar y evaluar impactos sobre el ambiente por la implementación de proyectos de desarrollo ha obedecido a un análisis integrado, global, sistemático y multidisciplinario de dichos impactos, identificando sus relaciones causales. **Objetivo.** Generar un modelo alternativo para evaluar el efecto y estimar las transformaciones que sufren las comunidades vegetales terrestres con un diámetro a la altura del pecho mayor o igual a diez centímetros, con la instalación de pequeñas centrales

hidroeléctricas. **Metodología.** Se recopilaron datos de doce proyectos realizados en los departamentos de Antioquia y Caldas, que están actualmente en ejecución o en etapas previas. Para el desarrollo del modelo, se realizó la ponderación de las variables elegidas para cada proyecto, y los valores obtenidos fueron sometidos a análisis estadísticos. **Resultados.** Se entrega un modelo estadístico con variables de corte ecosistémico, que sirve para realizar una valoración de impactos sobre el componente flora, con todos sus bienes y servicios asociados. **Conclusión.** Con el método propuesto se puede observar más claramente cuáles factores ecológicos,

\*Artículo derivado de la identificación de impactos generados en la flora terrestre por la implementación de pequeñas centrales hidroeléctricas, en los municipios de Alejandría y Sonsón, región oriente del departamento de Antioquia. Febrero 2011 - Febrero 2013 \*\* Ingeniera forestal. Especialista en Pedagogía e Investigación en el Aula, magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.

\*\*\* Ecólogo, magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.

asociados directamente con la vegetación, son los que mayor efecto tienen sobre las afectaciones que esta pueda sufrir con las labores de implementación de proyectos de desarrollo.

**Palabras clave:** coberturas vegetales, gestión ambiental, pequeñas centrales hidroeléctricas, modelo de evaluación de impactos, estudio de impacto ambiental, indicadores.

## ABSTRACT

**Introduction.** The traditional methodology employed to identify and evaluate the impacts on the environment using development projects, has followed an integrated, global, systematic and multi-disciplinary analysis of these impacts, identifying their causal connections. **Objective.** Create an alternative model to assess the effects and estimate the transformations that plant communities of breast height diameter (larger or equal to ten centimeters) suffer throughout the installation of small hydroelectric plants. **Methodology.** Material was collected from twelve projects in Antioquia and

Caldas. These projects are currently running or about to do so. From each project, the chosen variables were weighted. The values obtained were statistically analyzed. **Results.** A statistical model is proposed, including ecosystem variables, which helps assess flora impacts considering every asset and associated service. **Conclusion.** This method shows which factors (associated with vegetation) present greater impacts and their substantial effects due to the implementation of development projects.

**Key words:** environmental management, small hydroelectric plants, impact evaluation model, environmental impact investigation, indicators.

## RESUMO

**Introdução.** A metodologia tradicionalmente utilizada para identificar e avaliar impactos sobre o ambiente pela implementação de projetos de desenvolvimento têm obedecido a uma análise integrada, global, sistemática e multidisciplinar desses impactos, identificando suas casuais relações. **Objetivo.** Gerar um modelo alternativo para avaliar o efeito e estimar as transformações que sofrem as comunidades vegetais terrestres com um diâmetro a altura do peito maior ou igual a dez centímetros, com a instalação de pequenas centrais hidroelétricas. **Metodologia.** Coletaram-se dados de doze projetos realizados nos departamentos de Antioquia e Caldas, que estão atualmente em execução ou em etapas prévias. Para o desenvolvimento do modelo, realizou-se a ponderação das variáveis

escolhidas para cada projeto e os valores obtidos foram submetidos à análise estatística. **Resultados.** Entrega-se um modelo estatístico com variáveis de corte ecossistêmico, que serve para realizar uma classificação de impactos sobre a componente flora, com todos os seus benefícios e serviços associados. **Conclusão.** Com o método proposto, podem-se observar claramente quais são os fatores ecológicos, associados diretamente com a vegetação, são os que têm maior efeito sobre os danos que esta possa sofrer com o trabalho de implementação de projetos de desenvolvimento.

**Palavras chave:** Coberturas vegetais, gestão ambiental, pequenas centrais hidroelétricas, modelo de avaliação de impactos, estudo de impacto ambiental, indicadores.

## INTRODUCCIÓN

La evaluación de impacto ambiental es un proceso destinado a mejorar el sistema de toma de decisiones, y está orientado a garantizar que las opciones de proyectos en consideración sean ambiental y socialmente sostenibles (García, 2004).

El reconocimiento de que los bosques son ecosistemas complejos cuyo manejo requiere tener en cuenta no solo los bienes que producen, sino los servicios ambientales que generan y una serie de servicios económicos y culturales para las poblaciones que los habitan ha venido creciendo (Escobar, 2001).

De acuerdo con la legislación colombiana el Plan de Manejo Ambiental es el documento que, de manera detallada, establece las acciones que se requieren para prevenir, mitigar, compensar, controlar y corregir los posibles efectos o impactos ambientales negativos causados en el desarrollo de un proyecto, obra o actividad (MAVDT, 2010).

Las referencias acerca de la legislación ambiental vigente, que rige sobre el componente biótico y específicamente la flora, ofrecen las directrices que cualquier intento de intervención sobre ecosistemas, ya sean imperturbadas o intervenidas, deben seguir en aras a conservar los recursos naturales que estas zonas, y en caso tal de que la intervención sea justificada en términos económicos, ambientales y sociales, que los recursos de flora no se pierdan por desconocimiento, sino antes bien, sean correctamente caracterizados, evaluados y analizados, definiendo correctamente los impactos que sobre ellos se ciernen y, por consiguiente, que se puedan implementar las medidas que garanticen su supervivencia y calidad, en términos de restauración, protección, compensación y mitigación.

La evaluación de impactos se debe realizar incluyendo la identificación e interpretación de las interacciones de las actividades de la región con el medio ambiente existente y de las interacciones de las actividades del proyecto con el mismo. La evaluación debe considerar especialmente los impactos residuales, acumulativos y sinérgicos de carácter positivo o negativo, producto del desarrollo de proyectos en el área de influencia.

La metodología utilizada debe facilitar un análisis integrado, global, sistemático y multidisciplinario, y la evaluación de impactos debe incluir una discusión sobre las relaciones causales. Para ello se ha utilizado tradicionalmente la metodología propuesta por Conesa (2009), cuyo objetivo principal es la evaluación de impacto ambiental que sobre el medio ambiente ocasionaría la puesta en marcha de un proyecto, obra o actividad, intentando predecir y evaluar las

consecuencias que la ejecución de dichas actividades pueda ocasionar sobre el contexto (entorno) en el que se localiza.

En definitiva, este modelo estudia las posibles alteraciones ambientales ocasionadas por el proyecto, así como la valoración de las mismas, determinándose los límites de los valores dados a las variables que entran en juego, bien de forma cualitativa o bien de forma cuantitativa.

No obstante, ha habido otros autores que han venido trabajando en indicadores cuantitativos de impactos generados en diferentes proyectos de desarrollo logrando proponer modelos, ya sean integrales al proyecto como el de Conesa, o bien categorizando dimensiones específicas. Ospina y Lema (2004), por ejemplo, propusieron una serie de modelos que, a través del análisis integral e interdisciplinario, logran determinar el grado de afectación que un proyecto genera sobre una dimensión y sus relaciones con las demás, mientras que Plazas et al. (2009) proponen valorar los impactos ambientales a través del uso de diferentes atributos de impacto y elementos ambientales, sintetizados en un índice denominado “Índice de calidad ambiental ICA” al nivel de proyecto, así como evaluaciones ambientales parciales al nivel de componente ambiental.

Los modelos matemáticos permiten a través de algoritmos descomponer todo el proceso en mecanismos elementales, produciendo así esquemas conceptuales de sistemas complejos a través del ensamblaje progresivo de procesos más sencillos. Esta cadena conceptual simplifica y racionaliza cualquier proceso de simulación o protocolos de recolección de datos. Los modelos matemáticos pueden describir condiciones no observables en la naturaleza; también pueden acelerar procesos y analizar experimentos tradicionales realizados por fuera del laboratorio o el campo.

Los criterios usados en las evaluaciones del medio natural se pueden agrupar de formas distintas, entre los ecológicos y los de conservación. En los primeros concurren factores tales como:

diversidad, rareza o singularidad, dimensiones, naturalidad, representatividad, fragilidad y conectividad. Los segundos dependen del contexto social, es decir, factores culturales, étnicos, históricos, políticos y administrativos, que varían de un lugar a otro (García, 2004).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. Este estudio se efectuó en la región Oriente del departamento de Antioquia, en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de los ríos Negro y Nare (CORNARE) específicamente en los municipios de Sonsón y Alejandría. Las áreas de estudio pertenecen al Orobioma subandino de la cordillera Central, y al Orobioma andino y altoandino de la cordillera Central, cuya biodiversidad asociada a los remanentes de ecosistemas naturales del mismo, se ha visto diezmada debido a una constante transformación y pérdida, asociadas a la acción antrópica (Rodríguez et al, 2006).

Muestreo de la vegetación. En cada una de las áreas donde se proyectó la construcción de obras de infraestructura de PCH, que impactarían superficialmente el terreno, se realizó la identificación *in situ* de los individuos con un diámetro a la altura del pecho mayor o igual a diez centímetros ( $DAP \geq 10$  cm) a partir de dos tipos de muestreo: muestreos tipo RAP (Proceso de Evaluación Rápida), que consisten en el montaje de transectos semipermanentes, cada uno compuesto de cinco parcelas de 10 x 20 metros; e identificación *in situ* de los individuos al 100 % en aquellos sitios donde la vegetación presentó características importantes de intervención o donde el área fuera inferior a 1000 m<sup>2</sup>.

Con ambos tipos de muestreo se registraron los nombres locales de las especies vegetales encontradas, y para aquellos individuos que no fueron identificados en campo, se realizó la colección de muestras botánicas para su posterior determinación en herbario. Todas las especies fueron corroboradas y consultadas en la base de datos especializada Tropicos.org, del Missouri Botanical Garden.

**Generación del modelo propuesto por los autores.** Este está compuesto por las siguientes variables, es decir, aquellos factores o condiciones susceptibles de medición cuantitativa o cualitativa, que brinden información necesaria para evaluar el efecto que las fases previas, de construcción y operación de los proyectos PCH ejercen sobre las comunidades vegetales terrestres con diámetros mayores a 10 centímetros:

- Porcentaje de área de cobertura vegetal a perderse (CVP): entendida como la expresión porcentual del área vegetal a removerse en relación al tamaño total del área usada para la instalación y operación de la PCH. Se utilizó cartografía base del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) del área de estudio en escala 1:100.000 y 1:25.000 de la cual se generaron los planos a través del *software* ARC GIS 10 ®. Se calculó al comparar el área total inicial de los parches de vegetación existente en las áreas donde se construirían las PCH contra el área de cobertura vegetal a remover por la implementación de estas. Unidad de medida: %
- Porcentaje de especies removidas (ER): cantidad de especies vegetales terrestres con un  $DAP \geq 10$  cm sustraídas del área de influencia del proyecto. Realizada a través de una relación de la cantidad de especies encontradas por unidad de área frente al porcentaje de área de cobertura vegetal a perderse. Unidad de medida: %.
- Porcentaje de individuos removidos (IR): cantidad de individuos (sin distinción de especie) de las comunidades vegetales terrestres con un  $DAP \geq 10$  cm sustraídas del área de influencia del proyecto. Realizada a través de una relación de la cantidad de individuos encontrados por unidad de área frente al porcentaje de área de cobertura vegetal a perderse. Unidad de medida: %.
- Presencia de especies en listados rojos (PLR): entendida esta variable como la presencia en las listas de especies de plantas en alguna categoría de amenaza, de aquellas especies encontradas dentro de los inventarios realizados de las comunidades

- vegetales terrestres con un DAP  $\geq 10$  cm en el área de influencia del proyecto. Se contrastó el inventario de especies de los distintos proyectos PCH, con los listados de “Especies de Plantas Amenazadas” tales como, IUCN (2001); Resoluciones 0316 de 1974 del INDERENA, 10194 del 10 de Abril de 2008 de CORANTIOQUIA; Libros rojos para Colombia del IAvH, UNEP WCMC (2003). Unidad de medida: presencia (P) o ausencia (A).
- Porcentaje de pérdida de diversidad (PD): variedad de formas de vida, de las comunidades vegetales terrestres con un DAP  $\geq 10$  cm perdidas. Valor estimado de la disminución porcentual en la biodiversidad, obtenido al asumir que el porcentaje de pérdida de biodiversidad es similar al porcentaje de área de cobertura vegetal a perderse. Unidad de medida: %.
  - Porcentaje de biomasa removida (BR): expresión porcentual de la biomasa de las comunidades vegetales terrestres a removerse, en relación con la biomasa total de las comunidades vegetales terrestres del área usada por la instalación y operación de la PCH. Cabe resaltar que la biomasa mencionada solo tiene en cuenta comunidades vegetales terrestres con un DAP  $\geq 10$  cm. Para calcular la biomasa de la vegetación muestreada, se utilizó la siguiente ecuación generada para ecosistemas tropicales, para cualquier tipo de especie que no sobrepase los 148 centímetros de DAP, y en áreas con precipitaciones comprendidas entre 1500 y 4000 mm/año, propuesta por Pearson *et al.*, (2005):  $Biomass = \exp(-2.289 + 2.649 * \ln(DAP) - 0,021 * \ln(DAP^2))$ . Unidad de medida: %.
  - Tipo de cobertura vegetal dominante (CVD): es la vegetación predominante de un ecosistema y que le da el nombre a la formación vegetal, así: cultivos permanentes arbustivos, pastos arbolados, bosque fragmentado, bosque de galería y ripario, arbustal denso y vegetación secundaria o en transición. Para esto fue usada la clasificación propuesta por IDEAM (2010).
  - Distancia al fragmento más cercano (DFC): se refiere al trayecto que debe recorrer una especie para hallar otro fragmento que le ofrezca la posibilidad de encontrar condiciones similares de recursos para sobrevivir (Santos & Tellería, 2006). Se utilizó cartografía base del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) del área de estudio en escala 1:100.000 y 1:25.000 de la cual se generaron los planos a través del *software* ARC GIS 10®. Unidad de medida: m.
  - Áreas protegidas presentes sobre el área a remover (AP): declaratoria de alguna categoría de área protegida o suelo de protección dentro del área de influencia de la PCH. Unidad de medida: presencia (P) o ausencia (A).
- Las unidades, ponderación, rangos de referencia, calificación y cualificación de las variables pueden ser observadas en la tabla 1. Allí se establece el mecanismo de evaluación de impactos a través de las variables, la cual consistió en la estimación de la magnitud de estas, para luego asignarles una calificación cuantitativa y cualitativa; luego se realizó la sumatoria general de las calificaciones cuantitativas para estimar el impacto de la PCH sobre las comunidades vegetales terrestres con un DAP  $\geq 10$  cm.
- De igual manera que para cada una de las variables, la sumatoria general también tiene una equivalencia cualitativa (tabla 2). Cabe aclarar que el modelo propuesto representa una evaluación general de impactos, en el cual no se especifica la fase (previa, construcción y operación) en la que dicho impacto se presenta.

**Tabla 1. Unidades, ponderación, rangos de referencia, calificación y cualificación de las variables, propuesto por los autores**

Variable	Unidad de Medida	Valor Relativo de la Variable	Rangos	Calificación	
				Cuantitativa	Cualitativa
Porcentaje de área de cobertura vegetal a perderse	%	11	0- ≤10	1	Tolerable
			>10-20	5	Medio
			>20-40	7	Alto
			>40-60	9	Severo
			>60-100	11	No Tolerable
Porcentaje de especies removidas	%	12	0- ≤10	1	Tolerable
			>10-20	5	Medio
			>20-40	7	Alto
			>40-60	9	Severo
			>60-100	12	No Tolerable
Porcentaje de individuos removidos	%	11	0- ≤10	1	Tolerable
			>10-20	5	Medio
			>20-40	7	Alto
			>40-60	9	Severo
			>60-100	11	No Tolerable
Presencia de especies en listados rojos	Presencia/Ausencia	12	Presencia	12	Presencia
			Ausencia	0	Ausencia
Porcentaje de Pérdida de Biodiversidad	%	12	0- ≤10	1	Tolerable
			>10-20	5	Medio
			>20-40	7	Alto
			>40-60	9	Severo
			>60-100	12	No Tolerable
Porcentaje de biomasa removida	%	9	0 ≤15	3	Tolerable
			>15-25	5	Medio
			>25-40	7	Alto
			>40-70	9	Severo
			>70-100	11	No Tolerable
Tipo de cobertura vegetal dominante	Tipo	11	Cultivos permanentes arbustivos	1	No aplica
			Pastos arbolados	3	
			Arbustal denso	5	
			Vegetación secundaria o en transición	7	
			Bosque de galería y ripario	9	
			Bosque fragmentado	11	

Continuación tabla 1.

Variable	Unidad de Medida	Valor Relativo de la Variable	Rangos	Calificación	
				Cuantitativa	Cualitativa
Distancia al fragmento más cercano	m	II	100	I	Tolerable
			400	5	Medio
			800	7	Alto
			1000	9	Severo
			>1000	II	No Tolerable
Áreas protegidas presentes sobre el área a remover	Presencia/Ausencia	II	Presencia	II	Presencia
			Ausencia	0	Ausencia

Tabla 2. Equivalencia cualitativa de la sumatoria general de impactos del modelo

Rango	0 ≤ 10	>11-32	>33-54	>55-76	>77-100
Tipo de impacto	Tolerable	Bajo	Medio	Alto	Severo

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se recopilaron datos de doce proyectos realizados en los departamentos de Antioquia y Caldas, y en ellos se incluyeron dos proyectos de Sonsón y uno de Alejandría. Para cada uno de ellos se realizó la ponderación de las variables elegidas para el desarrollo del modelo, y los valores obtenidos fueron sometidos a análisis en *Statgraphics® Centurion XV*, donde se obtuvo el siguiente modelo de regresión lineal múltiple:

$$ICF = 1,49 * 10^{-13} + CV + ER + IR + PLR + PD + BR + CVD + DFC - 1,51 * 10^{-14} AP$$

El análisis de la varianza para el modelo de regresión lineal múltiple muestra una relación estadísticamente significativa a un nivel de confiabilidad de 95 % entre el índice de impactos sobre el componente flora y las variables del mismo. El estadístico  $R^2$  indica que el modelo explica el 88 % de la variabilidad en el impacto sobre el componente flora. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 150,41. Con este nuevo modelo se obtuvo la calificación de impactos sobre coberturas vegetales que se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Valoración de impactos sobre coberturas vegetales con el método propuesto por los autores

Variable	Unidad de Medida	Valor de la Variable		
		Proyecto 1 Sonsón	Proyecto 2 Sonsón	Proyecto 3 Alejandría
Porcentaje de área de cobertura vegetal a perderse	%	I	I	I
Porcentaje de especies removidas	%	12	7	9
Porcentaje de individuos removidos	%	11	7	9
Presencia de especies en listados rojos	Presencia/Ausencia	0	12	12
Porcentaje de pérdida de biodiversidad	%	12	7	9

Continuación tabla 3.

Variable	Unidad de Medida	Valor de la Variable		
		Proyecto 1 Sonsón	Proyecto 2 Sonsón	Proyecto 3 Alejandría
Porcentaje de biomasa removida	%	11	7	9
Tipo de cobertura vegetal dominante	Tipo	7	5	7
Distancia al fragmento más cercano	m	5	7	1
Áreas protegidas presentes sobre el área a remover	Presencia/ Ausencia	0	0	0
Aplicación del modelo de impactos diseñado por los autores: $ICF = 1,49 \cdot 10^{-13} + CV + ER + IR + PLR + PD + BR + CVD +$ $DFC - 1,51 \cdot 10^{-14} AP$		59,006	53,006	57,006
Tipo de Impacto		Alto	Medio	Alto

Con los resultados obtenidos es posible inferir los siguientes datos por proyecto:

Para el proyecto 1 los valores obtenidos con mayor magnitud fueron el porcentaje de especies y de individuos removidos que, a su vez, indican un incremento en la pérdida de diversidad y la biomasa removida, todos ellos por unidad de área. Si bien, no se encontró en el muestreo ninguna especie en listados rojos ni tampoco áreas protegidas, los impactos individuales tienden a ser no tolerables y en algunos casos severos, justamente porque el área de influencia del proyecto es bastante sensible por pertenecer a un tipo de cobertura de vegetación secundaria o en transición.

Lo anterior indica que la sucesión natural de la vegetación que puede encontrarse en recuperación hacia el estado original se verá seriamente afectada allí y en los fragmentos cercanos que son los que proporcionan las condiciones óptimas de hábitat para estas especies.

Por su parte, para el proyecto 2 se encontró que la variable más sensible al impacto fue la presencia de especies en listados rojos; aunque las especies están presentes en un área de muestreo muy pequeña, esta representa un hábitat de especial interés para conservación.

Cabe destacar que, las especies e individuos removidos, así como la pérdida de diversidad y la biomasa removida, se encuentran con valores de calificación en el rango alto, lo que indica que las obras de infraestructura proyectadas llegarán a afectar drásticamente a la pequeña comunidad vegetal llevándola hasta estados de gran sensibilidad ecológica.

Finalmente, para el proyecto 3, la variable más importante en el modelo es la presencia de especies en listados rojos; sin embargo, otras variables como especies e individuos removidos y sus variables asociadas, tales como pérdida de diversidad y biomasa removida, se encontraron en el rango severo de impacto, aunado con el tipo de cobertura vegetal dominante que corresponde a un estado sucesional en desarrollo, lo que indica que las obras de infraestructura proyectadas en la zona tienen la capacidad de impactar a la comunidad vegetal allí presente.

Teniendo en cuenta los anteriores resultados y lo que describen Espinoza (2002), y Henríquez y Azócar (2007), para contrarrestar el efecto puramente descriptivo, poco predictivo y escasamente preventivo implícito en los estudios de impacto ambiental en los cuales se incluye tradicionalmente el método de Conesa, se hace necesario promover la incorporación de tecnologías de estimación de impactos, dentro de lo cual se puede mencionar la utilidad del

uso de modelos predictivos, entre los que se encuentra el propuesto en el presente estudio.

Sin embargo, también es importante aclarar, que si bien, evaluar el impacto ambiental de un proyecto significa analizarlo desde una perspectiva global, cabe señalar que cada situación es un hecho singular, para lo cual no existe un procedimiento que tenga aplicación universal. Por otro lado, predecir los impactos ambientales representa un desafío para quienes toman decisiones, principalmente porque los ecosistemas y sus interrelaciones son complejos, dada la dificultad de conjugar conocimientos de diferentes disciplinas e incorporar todos los conocimientos ecológicos en un mismo análisis (De La Maza, 2007). A esto se suma que los métodos cualitativos tradicionales no incluyen entre los planes de manejo y otras estrategias de gestión ambiental a los ecosistemas impactados (Toro et al, 2013). Y es absolutamente necesario comenzar a realizar una categorización de los impactos más importantes, entre los que se destaquen los más perjudiciales y los más benéficos, priorizándolos para asignarles la mayor cantidad de recursos y esfuerzos (Sadar, 1996).

Sin embargo, tal y como mencionan Ram et al. (2011), en el proceso de evaluación de impactos ambientales de un proyecto de desarrollo, donde muchos impactos suelen ser identificados, algunos de ellos son significativamente perjudiciales y otros beneficiosos, pero la mayoría de ellos son insignificantes en términos de su gravedad; sin embargo, todos ellos son tratados por igual en la elaboración de planes de desarrollo. En tales circunstancias, el proponente del proyecto enfrenta el dilema de dónde asignar más recursos y esfuerzos con el fin de minimizar los efectos perjudiciales o a mejorar los efectos beneficiosos de la ejecución del proyecto.

Finalmente, como lo que se pretende con la valoración de impactos ambientales es una evaluación global de todos los efectos producidos sobre el entorno (medio biótico, abiótico, social y procesos ecológicos) con el fin de analizar la viabilidad del proyecto, así como las posibles consecuencias, para ello, los métodos

más comúnmente utilizados son: en primer lugar, la Matriz de Leopold, la cual se trata de un sistema de presentación de datos que permite valorar cualitativamente varias alternativas de un mismo proyecto; en segundo lugar, el Sistema Battelle, desarrollado para evaluar los efectos que podrían tener en el medio los proyectos hidráulicos, pero con aplicación a cualquier otro tipo de proyectos, y en tercer lugar, el Método de Conesa, basado en matrices causa-efecto, el cual involucra los dos métodos descritos anteriormente.

En Colombia en particular, se usa el método de Arboleda el cual se basa en una caracterización del proyecto y una caracterización del ambiente, en el cual se cruzan variables tales como los “Aspectos ambientales” e “Indicadores ambientales” dentro del sistema afectado (Andrés y del Cerro, 1993; Arboleda, 2008). Precisamente, ante estos métodos de uso frecuente y amplio conocimiento en el nivel local, se entrega el presente modelo, con la finalidad de que sirva como aporte para valorar los impactos sobre un componente altamente sensible y en ocasiones intangible, como es el componente flora, con todos sus bienes y servicios asociados.

## CONCLUSIONES

En el procedimiento de valoración de los impactos, se utiliza un conjunto de variables para caracterizar el impacto del proyecto o actividad sobre el medio ambiente. Algunas de las variables involucradas son de tipo numérico (cuantitativo), mientras que otras son de tipo lingüístico (cualitativo). El método que se emplee debe ser capaz de combinar ambos tipos de variables de forma coherente. Sin embargo, los métodos actuales no definen un procedimiento de agregación de los valores de dichas variables, sino que hacen una simple tabulación a una escala previamente fijada y sin ninguna justificación (García, 2004).

Con el modelo generado por los autores de este trabajo, desarrollado a partir de la

revisión y recopilación de información tomada de proyectos PCH, se logró estimar también una valoración de impactos específicos para el componente flora, obteniendo un beneficio adicional si se requiere determinar la verdadera dimensión de los efectos que se tienen sobre las coberturas vegetales terrestres, lo que no puede obtenerse a partir de la aplicación métodos tradicionales; adicionalmente, como mencionan Toro et al. (2013), el objetivo final de esta nueva generación de métodos es reducir el papel del evaluador en la calificación de la importancia de los impactos y hacer que proceso sea más eficaz y al mismo tiempo más confiable.

Con el método propuesto se puede observar muy claramente cuáles son los factores ecológicos asociados directamente con la vegetación y que mayor efecto tienen sobre las afectaciones que esta pueda sufrir con las labores de implementación de proyectos de desarrollo, validando su aplicación.

Se recomienda, a partir de estos resultados, hacer siempre una valoración específica para el componente flora con el método propuesto en este estudio, lo cual ayudará a elevar el nivel de sensibilidad de los elementos ecológicos asociados a él, obteniendo de esta manera un sistema de información bastante depurado que ayudará para que la formulación de un Plan de manejo ambiental sea cada vez más completa y resuelva de manera efectiva los impactos sobre el medio ambiente y sus consecuentes efectos.

Finalmente, la toma de información en campo directamente desde los sitios de proyección de infraestructura es fundamental no solo para caracterizar preliminarmente el área de influencia directa del proyecto, sino también para poder calificar las diferentes variables con base en información primaria, veraz y eficiente en la identificación de impactos y en la formulación de medidas correctivas de las actividades propias del mismo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial M. d. (2010). Decreto 2820 de 2010. [Consultado

el 30 de marzo, 2015] Disponible en Internet: [http://www.anla.gov.co/documentos/Gaceta/DECRETO\\_2820\\_de\\_2010.pdf](http://www.anla.gov.co/documentos/Gaceta/DECRETO_2820_de_2010.pdf)

Andrés Abellán, M y del Cerro Barja, A. (1993). Referencia a tres métodos más utilizados en la valoración de impactos ambientales. Ensayos: Revista de la Facultad de Educación de Albacete. 8: 199-210

Arboleda González, J. A. (2008). Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Medellín, Colombia. 132 p.

Conesa, V. (2009). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. 4ª. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 867p.

De La Maza, C. L. (2007). Evaluación de impactos ambientales. En: Biodiversidad: Manejo y conservación de recursos forestales. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 579-609.

Escobar, L. A. (2001). *Plan estratégico de Antioquia*. Diagnóstico ambiental, primera parte. Región Central de Antioquia. 66.

Espinoza, G. (2002). *Gestión y fundamentos de evaluación de impacto ambiental*. Santiago, BID-CED.

García Leyton, L. A. (2004). Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Projectes d'Enginyeria. [Consultado el 2 de abril, 2015] Disponible en Internet: <http://www.tdx.cat/handle/10803/6830>

Henríquez, C. y Azócar, G. (2007). Propuesta de modelos predictivos en la planificación territorial y en la evaluación de impacto ambiental. En IX Coloquio Internacional de Geocrítica. Los problemas del mundo actual soluciones y alternativas desde la geografía y las ciencias sociales. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. [Consultado el 2 de abril, 2015] Disponible en Internet: <http://www.ub.edu/geocrit/9porto/cristian.htm>

IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 58.

IUCN. (2001). *IUCN Red List Categ. Crit.* v. 3.1 ii, 30p.

Ospina, J. E. y Lema, Á. (2004). Indicadores cuantitativos de los impactos generados en proyectos de

- desarrollo lineales. *Gestión y Ambiente*. 7. 1: 91-112
- Pearson, T.; Walker, S. & Brown, S. 2005. *Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects*. Bio C F & Winrock international. 57.
- Plazas, J.A.; Lema, Á. y León, J.D. (2009). Una propuesta estadística para la evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. Medellín 62 (1): 4937-4955
- Ram B. Khadka, R. B., Mathema, A. and Uttam Sagar Shrestha. (2011). Determination of the Significance of Environmental Impacts of Development Projects: A Case Study of Environmental Impact Assessment of Indrawati-3 Hydropower Project in Nepal. *Journal of Environmental Protection*, 2:1021-1031
- Rodríguez, N., Armenteras, D., Morales, M., y Romero, M. (2006). *Ecosistemas de los Andes colombianos*. Segunda edición. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 154.
- Sadar, M. H. (1996). *Environmental Impact Assessment*. Carleton University Press for Impact Assessment Center, Carleton.
- Santos, T. y Tellería J. L. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*. 2006/2 3-12. [Consultado el 1 de abril, 2015] Disponible en Internet: <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/180>
- Toro, J., Requena, I., Duarte, O. y Zamorano, M. (2013). A qualitative method proposal to improve environmental impact assessment. *Environmental Impact Assessment Review* 43:9-20
- UNEP WCMC. (2003). Checklist of CITES species. CITES Sp. 339.
- Ram B. Khadka, R. B., Mathema, A. and Uttam Sagar Shrestha. (2011). Determination of the Significance of Environmental Impacts of Development Projects: A Case Study of Environmental Impact Assessment of Indrawati-3 Hydropower Project in Nepal. *Journal of Environmental Protection*, 2:1021-1031