

Consistencia de expertos en decisiones ambientales. Evaluación mediante un proceso de análisis jerárquico

M.Sc. Luis Alejandro Builes Jaramillo*
M.Sc. Laura Lotero Vélez**

* luis.builes@colmayor.edu.co. Grupo Ambiente, Hábitat y Sostenibilidad, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. Medellín, Colombia. Carrera 78 # 65 – 46. (57+4) 444 56 11 ext: 150

** llotero0@unal.edu.co. Doctorado en Sistemas. Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

Resumen: Para el desarrollo de evaluaciones ambientales, con información escasa y con incertidumbre asociada, se recurre en muchas ocasiones a la opinión y asesoramiento de expertos, pero la intervención de éstos puede estar influenciada por sesgos, interpretaciones erróneas y percepciones personales que, en muchos casos, generan inconsistencias en la toma de decisiones. El proceso de análisis jerárquico (AHP), es una metodología de evaluación multi criterio que permite, desde su formulación, la evaluación de las inconsistencias en la comparación progresiva por pares de alternativas de análisis que apuntan a un mismo objetivo. En este trabajo se presenta una aplicación del AHP y el análisis de consistencia, en la que se emplean encuestas enviadas a expertos para validar una metodología de priorización de zonas con problemas de contaminación atmosférica, para la intervención pública en la ciudad de Medellín, Colombia. Los resultados evidencian que la falta de consistencia en los paneles de expertos cambian de forma significativa los pesos de importancia relativa, definidos para cada uno de los indicadores empleados en la metodología de priorización, y evidencian cómo la evaluación de consistencia hace posible una toma de decisiones razonable.

Palabras clave: proceso de análisis jerárquico, toma de decisiones, planificación ambiental, encuestas

Abstract: In the development of environmental assessments, with limited information and high uncertainty related, it is usual to rely on expert opinion and advice the decision, but the intervention of those experts may be influenced by bias, misinterpretation and general personal perception that, in many cases, could induce inconsistencies in decision-making. Analytic Hierarchy Process (AHP) is a multi-criteria evaluation methodology that allows for consistency assessment, from its formulation, in the stepwise comparison of pairs of analysis alternatives that point to a common goal. We present an application of the AHP methodology and its consistency analysis, using surveys sent to experts to validate a methodology for prioritizing areas with air pollution problems for public intervention in the city of Medellín, Colombia. We present some results that show how the lack of consistency in expert panels changes significantly the importance weights definition for each one of the indicators used in the prioritization methodology and we show how the evaluation of consistency makes possible a reasonable decision making.

Key words: analytic hierarchy process, decision making, environmental planning, surveys

Introducción

Uno de los obstáculos más importantes en la toma de decisiones y en la gestión política medioambiental es la información disponible; muchas veces es insuficiente, escasa, de mala calidad, o incluso inexistente. En estos casos, y ante la necesidad de solucionar problemas ambientales, es posible recurrir a la opinión de expertos. En especial, los paneles de expertos se presentan a la comunidad científica como un mecanismo para lograr un acercamiento eficiente a la toma de decisiones “informada”, principalmente cuando hay incertidumbre debido a la falta de información o su calidad (Geneletti, 2007).

Los paneles de expertos juegan un papel importante en las evaluaciones ambientales, y es en metodologías como la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) dónde día a día se encuentran nuevas referencias que reportan maneras para mejorar el uso de expertos en la toma de decisiones ambientales (Andersson, Stjernström, & Fängmark, 2005; Canadian Council, 2009; Garfi, Ferrer-Martí, Bonoli, & Tondelli, 2011). Si bien la experiencia es indispensable para proporcionar información relevante, los expertos no pueden ser vistos como un estándar insesgado para la evaluación, y hay consenso en la literatura sobre la necesidad de la transparencia en la presentación de evaluaciones científicas apoyadas por expertos (Kontic, 2000; Noble, 2004).

Las encuestas Delphi son una de las metodologías más empleadas para el análisis y evaluación para la toma de decisiones mediante el apoyo de expertos (Geneletti, 2007). Son un procedimiento sistemático en el que se pide asesoramiento a un panel de expertos en diferentes rondas, en las cuales se entrega un reporte de los resultados de las encuestas previamente realizadas, de tal forma que se genere consenso entre los expertos luego de evaluar las respuestas del panel (Gokhale, 2001). Otra metodología para la evaluación de alternativas, mediante la comparación de pares, es el proceso de análisis jerárquico, AHP por sus siglas en inglés (T. Saaty, 1990). En esta aproximación, el decisor (experto) mediante jerarquías logra elaborar una matriz en la que se da mayor peso a las alternativas con la mayor influencia en el problema visto como un todo.

Cuando en la evaluación de problemas, por ejemplo de índole ambiental, se decide evaluar la solución al problema mediante la consulta a expertos, hay que tener en cuenta que las decisiones resultantes pueden estar sesgadas si no se hace una correcta elección de los paneles de expertos, o si estos tienen intereses emocionales o particulares en el tema de estudio. Al enfrentarse al análisis de cualquier tipo de evaluación apoyada del uso de paneles de expertos, la calidad de los procesos de decisión depende en gran medida de la calidad de los juicios del panel de apoyo. En el caso de recurrir a procesos de EAE, el uso de expertos se ve limitado y muchas veces arroja resultados poco satisfactorios, por la falta de metodologías o guías para el uso de resultados de paneles en la toma de decisiones y la formulación de políticas derivadas de la EAE (Noble, 2004).

En este trabajo se busca que las opiniones de expertos sean empleadas para validar una nueva metodología de trabajo o una nueva aproximación para la solución de un problema particular, como es el tema de gestión y zonificación de zonas con problemas ambientales ligados a la contaminación atmosférica en la ciudad de Medellín, Colombia.

Para tratar de eliminar los sesgos resultantes de la opinión de expertos en el análisis, se propone evaluar mediante un proceso AHP la consistencia en la definición de los pesos de importancia de los indicadores para la toma de decisiones, mediante el panel o consulta directa a expertos, con aplicación a una problemática de gestión ambiental que es la priorización de zonas críticas de contaminación del aire, para la intervención pública en Medellín, Colombia.

El AHP y el análisis de consistencia

En este trabajo se emplea el AHP con el objetivo de no influir en las decisiones de los expertos mediante rondas sistemáticas de preguntas y respuestas, y de poder evaluar la consistencia de las decisiones de cada uno de los decisores. El enfoque particular de este trabajo es analizar la consistencia de un grupo de expertos en la toma de decisiones ambientales, y mostrar la importancia y las consecuencias de la ausencia de una revisión de consistencia en los procesos de toma de decisiones con apoyo de expertos. Se busca evidenciar la robustez y confiabilidad del apoyo de expertos en la toma de decisiones y la evaluación de problemáticas ambientales, ante escasez o falta de información.

El AHP (T. Saaty, 1990) es una herramienta para la toma de decisiones de tipo multi criterio, con la cual se tiene un medio efectivo para enfrentarse a decisiones complejas que involucran múltiples objetivos. Una de sus principales características es que permite a los decisores dar peso a los criterios de evaluación o alternativas mediante una comparación sistemática por pares de cada una de las alternativas en evaluación (Liu, Hsu, Yeh, & Chen, 2011).

Si bien la metodología AHP es una herramienta muy útil para el desarrollo de análisis con múltiples objetivos, es importante tener en cuenta que una de las principales debilidades del análisis de decisiones, ambientales o de cualquier índole, mediante el uso de paneles de expertos es la falta de consistencia (Benítez, Delgado-Galván, Gutiérrez, & Izquierdo, 2011). Ésta es resultado de la falta de información o conocimiento, falta de experiencia en la metodología de evaluación o mal interpretación de las instrucciones sobre el proceso de análisis (Noble, 2004).

La consistencia está definida como la coherencia entre las partículas de un conjunto (RAE, 2011) y, en la toma de decisiones, se puede interpretar como la coherencia entre decisiones consecutivas o decisiones relacionadas entre sí. Para el AHP la consistencia es una medida estadística de qué tan cercano está un decisor de tomar decisiones lógicamente relacionadas o escogidas de forma aleatoria.

Es importante resaltar que cuando se recurre a expertos no se tiene la certeza de que las decisiones tomadas son las óptimas; todos los decisores están sujetos a sesgos y a inconsistencia en sus apreciaciones y decisiones. Podría decirse que los juicios, en la evaluación de problemas ambientales, reflejan que tanto entienden los expertos el problema, las variables involucradas en el problema, el proceso de evaluación ambiental y si tienen la habilidad para desarrollar una serie de evaluaciones lógicamente relacionadas basadas en información incompleta y con incertidumbre (Noble, 2004).

Para medir la consistencia de las decisiones tomadas, usando el método AHP, se proponen dos medidas: el índice de consistencia CI (por sus siglas en inglés) y la razón de

consistencia CR (por sus siglas en inglés) (T. L. Saaty, 2001). Estas medidas permiten definir hasta qué punto la decisión en la comparación por pares es consistente y no está influenciada por sesgos o por contradicciones (Alonso, 2006; Pecchia, Bath, Pendleton, & Bracale, 2010).

Inducir el mejoramiento progresivo en la consistencia, de las decisiones de expertos, en procesos de evaluación de problemas ambientales es similar a forzar el consenso, como se hace en metodologías de evaluación de paneles de expertos (Delphi) y puede distorsionar la respuesta real de cada uno de los expertos sin importar su conocimiento del problema (Noble, 2004).

Caso de estudio, priorización de zonas para la intervención pública

En Medellín, Colombia, fueron definidas siete zonas críticas por contaminación atmosférica (Figura 1) según indicadores de niveles de contaminación (TSP, SO₂, NO₂ y O₃), en un trabajo colaborativo de investigación desarrollado en conjunto entre la administración pública y la academia (AMVA et al., 2007). Para el desarrollo de políticas públicas que impacten de forma directa a las comunidades más afectadas, es necesario desarrollar el ejercicio de priorización de las zonas, para su intervención directa en el territorio, debido principalmente a la falta de recursos, y más especialmente para concentrar los esfuerzos y recursos escasos en el contexto de las ciudades de países en desarrollo.

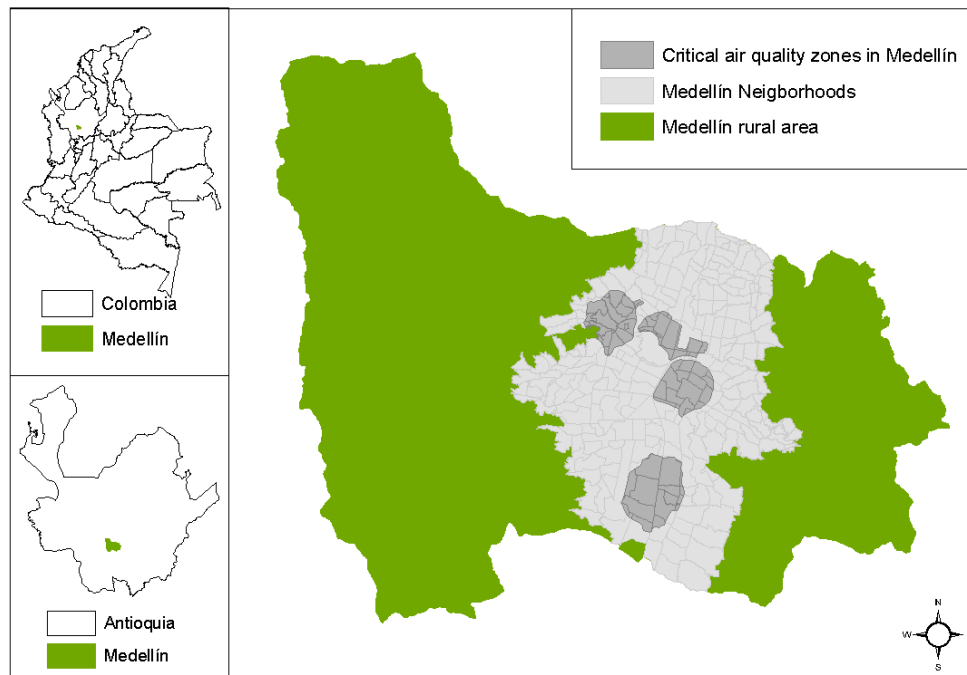


Figure 1. Zonas con problemas de contaminación atmosférica en Medellín, Colombia (AMVA et al., 2007).

En este trabajo se propone la utilización de nuevos indicadores, diferentes a los empleados tradicionalmente, que reflejen la influencia de la contaminación en la población asentada en las zonas urbanas y, de esta forma, apoyar la toma de decisiones para la priorización en la intervención pública, yendo más allá de los indicadores de calidad del aire.

Se seleccionaron cuatro indicadores, cada uno representando temas para ser integrados en el proceso de planificación del recurso aire: número total de habitantes [personas], tasa de urgencias por enfermedades cardiorrespiratorias [urgencias/x1000 habitantes], densidad de habitantes [personas/Ha] y el porcentaje de aumento de la densidad habitacional en diez años. Con el fin de integrar los indicadores en la metodología de priorización, es necesario definir una calificación para cada uno de ellos, y de esta forma estimar su importancia relativa respecto de los demás en el proceso de toma de decisiones.

Para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los indicadores se recurre a una metodología de comparación por pares, en este caso se empleó el AHP (Saaty 1990) por sus ventajas, flexibilidad y por la facilidad de involucrar a todos los actores en el proceso de decisión (Garfi et al., 2011).

Una vez definidos los indicadores, se diseña y desarrolla una encuesta para la comparación por pares de dichos indicadores. La comparación por pares entre los indicadores se definió con cinco opciones: a) mucho más importante, b) más importante, c) igualmente importante, d) menos importante y e) mucho menos importante. Además, la encuesta está dividida en dos secciones; se pide a los participantes que hagan las comparaciones entre los tres primeros indicadores y luego se introduce el cuarto indicador como un indicador prospectivo y se pide a los participantes que hagan las comparaciones con los tres primeros. Finalmente, las encuestas fueron enviadas a expertos y profesionales en planificación ambiental y territorial, locales, nacionales e internacionales, con el fin de validar desde diferentes perspectivas el proceso de decisión.

Esta forma de presentar la encuesta hace posible evaluar la forma en la que un indicador prospectivo influye en los pesos de los indicadores y en la decisión final tomada con base en la evaluación de las calificaciones de cada indicador. Una vez se conocen los pesos de importancia relativos de los indicadores, es posible dar una calificación final a cada una de las zonas a partir de los valores numéricos de cada uno de ellos.

Resultados

La propuesta metodológica de este trabajo permite generar dos matrices de resultados; una a partir de los tres primeros indicadores y una segunda incluyendo un cuarto indicador prospectivo. Esto hace posible analizar el proceso de decisión de los expertos, sobre la consistencia que se presenta en las diferentes etapas de análisis, y de cómo un indicador de tipo prospectivo puede hacer la diferencia en el análisis de problemáticas ambientales, especialmente en el caso de la priorización de zonas con problemas de contaminación atmosférica.

Al utilizar el AHP como herramienta de análisis, es posible verificar la consistencia en cada una de las encuestas, y por ende en las respuestas de cada uno de los expertos encuestados (Alonso, 2006; Pecchia, Bath, Pendleton, & Bracale, 2010). Para la aplicación al caso de estudio de la problemática ambiental, se evaluó la consistencia en las dos matrices resultantes.

Para este trabajo se enviaron más de 50 peticiones de participación en el proceso de encuestas a expertos clasificados en cuatro categorías: académico, estatal, independiente y privado, representando cada una de estas las diferentes filiaciones o las diferentes tipologías

de actores que intervienen en el proceso de toma de decisiones en la ciudad de Medellín. De las 50 peticiones enviadas, sólo 15 fueron respondidas dentro del periodo de tiempo contemplado para el desarrollo de la investigación. De estos 15 expertos, se contó con la participación de 14 expertos nacionales y un experto internacional, configurándose un panel con un 45% de participación académica, 27% independiente, 13% estatal y 7% privado y estatal-académico. En la figura 1 se presenta en detalle la configuración del panel de expertos.

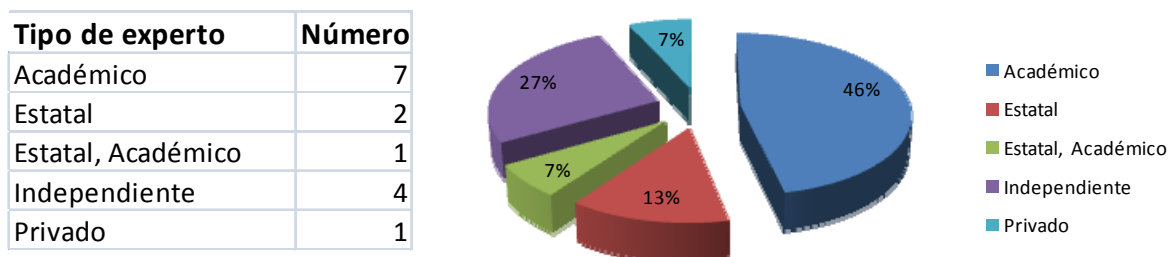


Figure 1 Detalles de la composición del panel de expertos

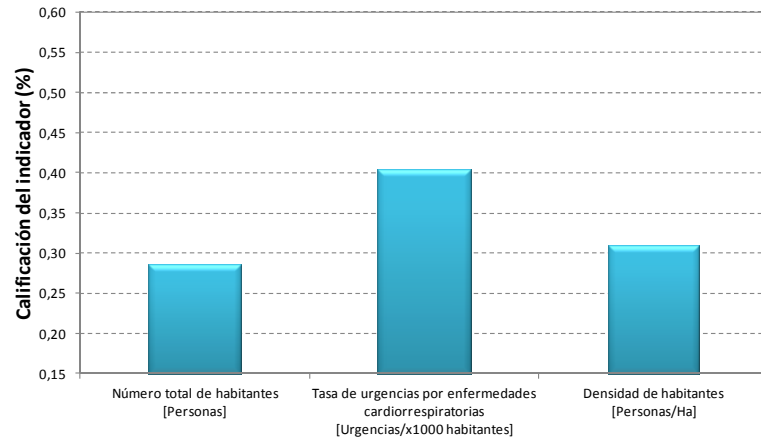
Se evaluó la consistencia de cada una de las matrices resultantes por experto, y se encontró que para la primera etapa de análisis (evaluación de tres indicadores), sólo el 20% de las encuestas pueden ser consideradas como consistentes, mientras que evaluando los resultados de la segunda etapa de análisis (4 indicadores) la consistencia de las respuestas evaluadas alcanza un 33%.

Este primer resultado corrobora que los paneles de expertos se ven sesgados por su conocimiento previo y por su dominio o no del tema de análisis en cuestión, pero es importante tener presente que, para continuar con un análisis en profundidad, es necesario seguir únicamente con las matrices que presentan consistencia, ya que es necesario garantizar la coherencia en la toma de decisiones, teniendo presente la premisa de que las respuestas válidas deben ser aquellas que son consistentes (Ozdemir, 2005).

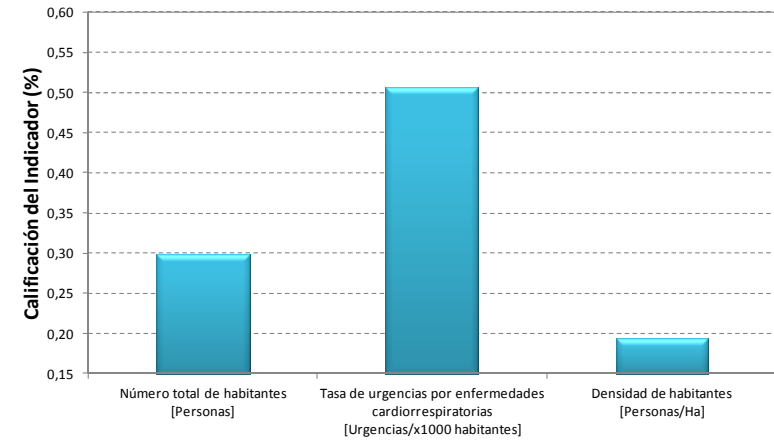
En la figura 2 se presentan los resultados de las calificaciones para cada uno de los indicadores en las dos etapas de análisis propuestas. Para ambas matrices, el indicador de tasa de urgencias con pesos de 40% y 28% respectivamente, fue el más relevante para los expertos, mientras que el indicador de número total de habitantes es el menos atractivo con calificaciones de 29% y 23% respectivamente. El indicador prospectivo de aumento de la densidad habitacional alcanza en un peso de 24%, mostrando este resultado que los expertos tienden a darle igual importancia que a los demás indicadores, pero manteniendo su preferencia por el indicador de tasa de urgencias y densidad.

Ambas tablas presentan una comparación entre las calificaciones promediadas con las encuestas antes y después de eliminar aquellas que presentaban inconsistencias. Aquellas calificaciones que se promediaron únicamente con encuestas consistentes muestran aumentos en la calificación del indicador de tasas de urgencias, mostrando que, para evaluaciones ambientales de contaminación atmosférica, los efectos directos en la población son uno de los principales indicadores de decisión para evaluadores consistentes y conocedores del tema.

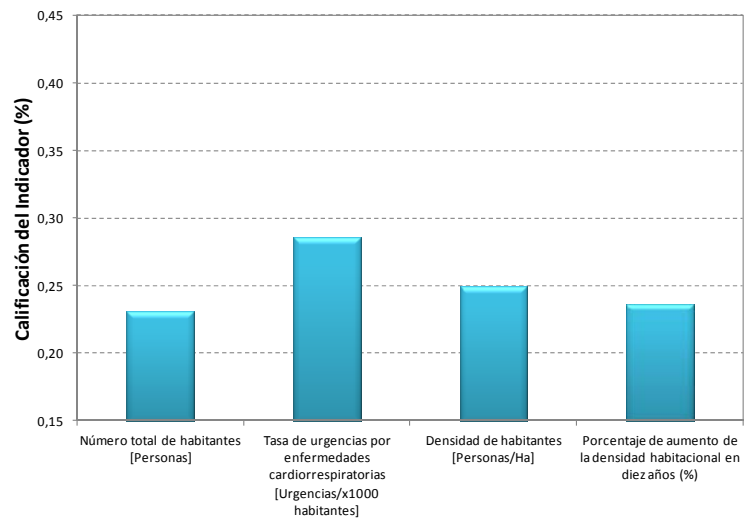
En el caso de las respuestas dadas por expertos consistentes, se encuentra que se da menor importancia al indicador del número total de habitantes, tanto en la primera como en la segunda etapa de análisis. Considerando ambas tablas, se encuentra que el indicador que más reduce su calificación al pasar al análisis con un indicador prospectivo es el indicador de tasa de urgencias, con una reducción del 30%, mientras que los indicadores de densidad y número de habitantes reducen su calificación en un 20%. La inclusión de información prospectiva hace que no sólo aumente la consistencia en los decisores expertos, sino que también da información suficiente para que los decisores piensen y recalculen de nuevo sus preferencias.



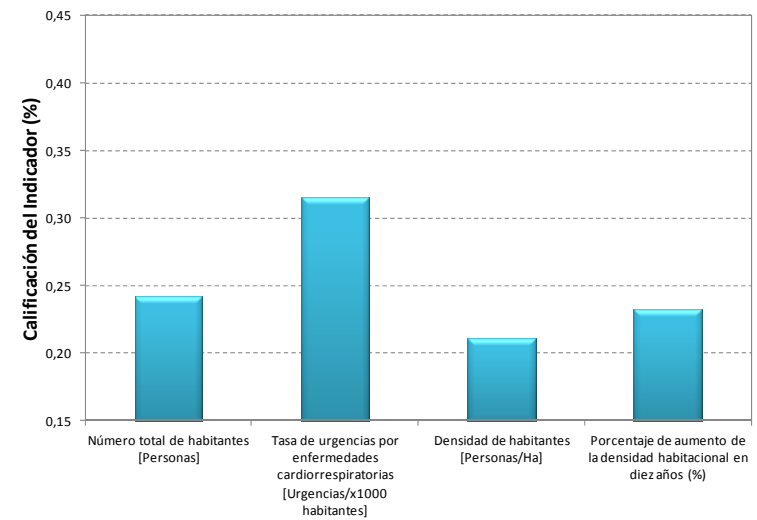
a)



b)



c)



d)

Figura 2. Comparación entre las calificaciones de los indicadores. a) Indicadores no consistentes en la primera etapa de análisis, b) Indicadores consistentes en la primera etapa de análisis c) Indicadores no consistentes en la segunda etapa de análisis y d) Indicadores consistentes en la segunda etapa de análisis

Conclusiones

En el trabajo, usando la metodología de priorización del AHP y sus medidas de consistencia, se evidenció que la mayoría de los expertos consultados en la encuesta no son consistentes en sus respuestas de comparación por pares. Este resultado representa un reto para la selección de expertos en procesos de evaluación ambiental, en el caso de estudio de priorización de zonas de intervención por contaminación atmosférica se decidió recurrir a expertos de diferentes áreas, debido a la transversalidad del problema, lo cual puede generar conflicto debido al desconocimiento total de la dinámica del problema ambiental.

El mejoramiento de la calidad de la información disponible para la toma de decisiones, bien sea por complemento en caso de información incompleta o insuficiente, o por inclusión en caso de información inexistente o inaccesible mejora la consistencia en las respuestas de los expertos. En el caso de aplicación se observó que al incluir nueva información disponible para los expertos mediante el indicador prospectivo, el porcentaje de respuestas consistentes de los expertos aumentó significativamente. Esto evidencia la importancia de la calidad de la información en la toma de decisiones.

Mediante la aplicación presentada se comprobó que la inclusión de información prospectiva puede aclarar a los expertos cuales son las tendencias futuras, importantes para los procesos de toma de decisiones y formulación de políticas, dando mayor consistencia a las comparaciones desarrolladas entre los diferentes indicadores. Esta disminución de la incertidumbre acerca del futuro hace que las decisiones de los expertos sean más seguras y coherentes.

Para trabajo futuro se propone mejorar la encuesta a expertos por medio de una aplicación que advierta al decisor sobre posibles inconsistencias en sus decisiones. Si bien esto puede generar un problema de investigación interesante, este tipo de advertencias también podría influir en el proceso de toma de decisiones de los expertos generando sesgos en sus respuestas.

Agradecimientos

Esta investigación fue posible gracias a la financiación de la Beca Prince Bernhard, otorgada por la Universidad de Utrecht y la Fundación “Instituto de estudios Hispánicos, Portugueses e Iberoamericanos” en los Países Bajos. También queremos agradecer a los investigadores Patricia Jaramillo de la Universidad Nacional de Colombia y Henk Ottens de la Universidad de Utrecht por sus aportes y apoyo desinteresado.

Referencias

- Alonso, J. A. (2006). Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. *International Journal fo Uncertainty Fuzzines and Knolwledge-Based Systems*, 14(4), 445-459.
- Andersson, A. S., Stjernström, O., & Fängmark, I. (2005). Use of questionnaires and an expert panel to judge the environmental consequences of chemical spills for the

- development of an environment-accident index. *Journal of environmental management*, 75(3), 247-61. doi:10.1016/j.jenvman.2005.01.002
- Benítez, J., Delgado-Galván, X., Gutiérrez, J. a., & Izquierdo, J. (2011). Balancing consistency and expert judgment in AHP. *Mathematical and Computer Modelling*, 54(7-8), 1785-1790. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.mcm.2010.12.023
- Canadian Council. (2009). *Regional Strategic Environmental Assessment in Canada. Environmental Research* (pp. 1-27).
- Garfi, M., Ferrer-Martí, L., Bonoli, A., & Tondelli, S. (2011). Multi-criteria analysis for improving strategic environmental assessment of water programmes. A case study in semi-arid region of Brazil. *Journal of environmental management*, 92(3), 665-75. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.jenvman.2010.10.007
- Geneletti, D. (2007). Expert Panel-based Assessment of Forest Landscapes for Land Use Planning. *Mountain Research and Development*, 27(3), 220-223. doi:10.1659/mrd.0924
- Gokhale, a a. (2001). Environmental initiative prioritization with a Delphi approach: a case study. *Environmental management*, 28(2), 187-93. doi:10.1007/s002670010217
- Kontic, B. (2000). Why are some experts more credible than others? *Environmental Impact Assessment Review*, 20(4), 427-434. doi:10.1016/S0195-9255(00)00057-3
- Liu, K. F. R., Hsu, C.-yu, Yeh, K., & Chen, C.-wu. (2011). Hierarchical analytic network process and its application in environmental impact evaluation. *Civil Engineering and Environmental Systems*, (November), 37-41.
- Noble, B. (2004). Strategic environmental assessment quality assurance: evaluating and improving the consistency of judgments in assessment panels. *Environmental Impact Assessment Review*, 24(1), 3-25. doi:10.1016/S0195-9255(03)00118-5
- Ozdemir, M. (2005). Validity and inconsistency in the analytic hierarchy process. *Applied Mathematics and Computation*, 161(3), 707-720. doi:10.1016/j.amc.2003.12.099
- Pecchia, L., Bath, P. a, Pendleton, N., & Bracale, M. (2010). Analytic Hierarchy Process (AHP) for Examining Healthcare Professionals' Assessments of Risk Factors. The Relative Importance of Risk Factors for Falls in Community-dwelling Older People. *Methods of information in medicine*, 50(1), 1-11. doi:10.3414/ME10-01-0028
- Real Academia Española (RAE), (Noviembre 30 de 2011) Diccionario de la lengua española, vigésima edición [versión electrónica]. Recuperado de: http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=consistencia
- Saaty, T. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26. doi:10.1016/0377-2217(90)90057-I
- Saaty, T. L. (2001). *The Analytic Network Process. Pittsburg University Press.*