

# EL MÉTODO DELPHI COMO HERRAMIENTA DE CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN SOCIAL DE INDICADORES AMBIENTALES

DELPHI METHOD AS A TOOL FOR CONSTRUCTION AND VALIDATION OF ENVIRONMENTAL INDICATORS SOCIAL

FECHA DE RECIBIDO: 25 DE SEPTIEMBRE DE 2014

FECHA DE APROBADO: 1 DE OCTUBRE DE 2014



**ERLIN DAVID CARPIO VEGA**  
ECARPIO@AREANDINA.EDU.CO

**LORIS JATSIYANIS ROSADO QUINTERO**  
LORIS.ROSADO@GMAIL.CO

## RESUMEN

A pesar de su rápido y amplio desarrollo, muchos actores sociales desconocen las ventajas de un sistema de indicadores en la toma de decisiones. Los protagonistas toman decisiones ambientales que, en algunas ocasiones, no están soportadas en la integralidad de la información resultante del medio o componente al cual desea impactar. El presente artículo expone de forma breve la teoría inherente al Método DELPHI aplicado a la temática de los Indicadores Ambientales, dejando en claro que el Método permite la validación social de indicadores ambientales individuales o de un sistema de indicadores, en un contexto geográfico determinado. Para tal fin, se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica siguiendo el Modelo Big6. En este sentido, el presente artículo será un referente teórico-conceptual para planificadores e investigadores que planeen modelar y validar, a través del Método DELPHI, una realidad o fenómeno ambiental a través de un conjunto o sistema de indicadores.

**PALABRAS CLAVES:** Indicadores Ambientales, Funciones de Transformación de Calidad Ambiental, Método DELPHI, Mini-revisión,

## ABSTRACT

Despite its rapid and extensive development, many stakeholders disown the indicators system advantages in decision-making. The protagonists take environmental decisions, sometimes, are not supported in the integrity resulting information, medium or component that you want to impact. This article discusses briefly the inherent theory DELPHI. Method applied to the thematic of environmental indicators, so it is clear that the method allows the social validation of individual environmental indicators or indicators system in a particular geographical context. To this purpose, a comprehensive literature review was conducted following the Big6 Model. In this way, this article will be a theoretical-conceptual for planners and researchers who plan to model and validate reference through the Delphi method, a reality or environmental phenomenon through a set or system indicators.

**KEYWORDS:** DELPHI Method, Environmental indicators, Functions Environmental Quality Transformation, Mini-review.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes inconvenientes que enfrentan los investigadores al formular indicadores ambientales, sea en forma individual o en forma conjunta, es lograr la aceptación y su empleo en el sector al cual se esté aplicando. Esto fundamentalmente se debe al divorcio que en algunas ocasiones se presenta entre la investigación y el sector analizado. Es necesaria, por tanto, la validación del indicador o sistema de indicadores propuesto. Es aquí cuando se hace útil el Método DELPHI como herramienta de consenso y validación social. El Método DELPHI es un método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo (Linstone y Turoff, 1975). En la actualidad goza de gran aceptación en el ámbito científico como herramienta de validación social de indicadores ambientales en múltiples sectores (Bélanger, Vanasse, Parent, Allard, y Pellerin, 2012; Benitez-Capistrosa, Hugé, y Koedam, 2014, p.114-115; Benitez-Capistrosa, Hugé y Koedam, 2014, p.113; Hsiao, Chuang, Kuo, y Yu, 2014, p.197; Galo, Macedo, Almeida, y Lima, 2014, p.605).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica y documental sobre la aplicación del Método DELPHI en la construcción de indicadores ambientales. Se empleó el Modelo Big6, el cual es un modelo para desarrollar la Competencia en el Manejo de la Información (CMI) mediante un proceso sistemático para la solución de

problemas de información apoyado en el pensamiento crítico (EDUTEKA, 2002).

## GENERALIDADES DEL MÉTODO DELPHI

Kaynak and Macauley (1984) definen el método DELPHI como “un método único de producir y refinar un juicio de expertos basado en el argumento de que un grupo de expertos es mejor que un experto cuando el conocimiento exacto no está disponible”.

El método toma su nombre inspirado en el antiguo oráculo de Delphos y fue desarrollado por Olaf Helmer y Theodore J. Gordon del Centro de Investigación estadounidense RAND Corporation para realizar predicciones sobre un caso de catástrofe nuclear (Astigarraga, ¿?).

El Método DELPHI goza de grandes ventajas frente a otros métodos. Resalta el de ser una herramienta capaz de generar opinión y avanzar hacia un consenso sobre cualquier asunto que requiera la participación de expertos geográficamente dispersos (Miller, 2001). Además, posee cuatro características (Varela-Ruiz et al., 2012; Aponte et al., 2012) básicas:

- 1.- Es un proceso iterativo. Para obtener el consenso es necesario más de una ronda de respuestas. Sucesivamente se irán presentando los resultados obtenidos al grupo de expertos, de tal manera que conozcan los diferentes puntos de vista y puedan ir modificando su opinión si los argumentos presentados les parecen más apropiados que los suyos.
- 2.- Es un proceso anónimo. Los partici-

pantes no se conocen entre sí para evitar el efecto de “líderes”, es decir, miembros del panel que gozan de amplia fama y reputación científica, social y/o académica frente al tema estudiado y que pueden arrastrar o sesgar las opiniones de los demás miembros en favor de las suyas. Este anonimato también flexibiliza el método frente a cambios de opinión o de puntos de vista en favor de un consenso grupal, sin que ello signifique pérdida de imagen o credibilidad de los panelistas.

3.- Es un proceso de retroalimentación o feedback controlado. Antes de iniciar cada ronda, el grupo coordinador transmite la posición de los expertos como conjunto frente al problema o situación estudiada, destacando las aportaciones significativas de algún experto particular, las posturas discordantes o información adicional solicitada por algún experto.

4.- Es un proceso de respuesta estadística del grupo. La información, al ser presentada iterativamente, es analizada estadísticamente, de tal modo que se presenta el grado de acuerdo obtenido en las opiniones o puntos de vista presentados.

El Método DELPHI ha sido aplicado a diferentes contextos. En el campo de las ciencias sociales (Ortega, 2008), en el área de la fidelización cliente-proveedor (Muruais y Sánchez, 2012), en planificación estratégica (Macías et al., 2014), en investigación médica (Masdeu, 2015; Varela-Ruiz et al., 2012; Alcalde-Escribano et al., 2012; Zaragoza et al., 2013), en cuidado humanitario de ancianos (Lee y Wang, 2014, p.75), en

prospectiva de investigación y desarrollo (Aponte, 2012), en evaluación ambiental estratégica (Kuo et al., 2005), en ordenamiento ambiental (Scolozzi et al., 2012); sólo por citar algunas investigaciones y algunas aplicaciones.

También ha sido utilizado ampliamente en la valoración de impactos ambientales para proyectos complejos que involucran múltiples y escalonadas afectaciones al medio ambiente (García, 2004).

En el campo de la Ingeniería Ambiental el Método DELPHI ha sido aplicado para la construcción de Funciones de Transformación de Calidad Ambiental. Destaca el Índice de Calidad del Agua (o Water Quality Index, WQI) desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional (NSF por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos de América, con un panel de expertos de 142 personas, repartidas por todo el país (Canter, 1998).

## INDICADORES AMBIENTALES

Los indicadores ambientales han tenido una rápida evolución. Se sistematiza su aparición desde 1980 (Quiroga, 2007). No hay una definición unificada de indicador ambiental (Gallopín, 2006). Cada entidad u organización le da un enfoque distinto conforme la aplicación o campo de acción en el que se emplea. No obstante, hay definiciones marco que orientan lo que constituye en sí un indicador ambiental. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico un “indicador [ambiental] es un parámetro, o valor derivado de otros parámetros, dirigido a

hallar una relación funcional entre la magnitud o intensidad de un factor descriptor del entorno y la calidad ambiental resultante, representada en una cifra adimensional que dependerá de los valores o niveles que tome el factor ambiental en estudio. En este sentido, la calidad ambiental podrá tomar valores que oscilen en el intervalo cerrado  $[0,1]$ . Encontrar una función de transformación no es más que hallar la relación funcional entre las diferentes intensidades de los descriptores ambientales y la calidad ambiental resultante del componente (Carpio, 2007).

Ya en 1972 el Laboratorio Battelle-Columbus en Estados Unidos desarrolló el Método Battelle-Columbus para la planificación y gestión de los recursos hídricos en ese país (Martín, 2007; García, 2004) fundamentado en Funciones de Transformación.

Utilizar Funciones de Transformación de Calidad Ambiental supone la dualidad en la aceptación o rechazo de la "dicotomía clásica" (Gallopín, 2006), es decir, el punto de vista del usuario del indicador: si decide sacrificar complejidad por un valor sencillo, deseará el indicador con su respectiva función de transformación o si desea recibir la información de la manera más completa posible, empleará el indicador, en sus unidades de medida originales.

En Conesa (1997) se encuentran múltiples Funciones de Transformación de Calidad Ambiental por factores y/o variables ambientales.

### **FUNCIONES DE AGREGACIÓN DE INDICADORES**

Una vez se tiene constituida, mediante

el método Delphi, la Función de Transformación o Curva de Calidad Ambiental, se procede a la construcción de la Función de Agregación, mediante la cual es posible conocer cuál es el impacto total sobre el componente producto de las múltiples acciones impactantes (Carpio, 2007, p.87-88). Gracias a la Función de Agregación podemos determinar la calidad ambiental resultante de la conglomeración lineal de todas las acciones/actividades desarrolladas en el medio.

### **DESARROLLO DEL DELPHI**

Los indicadores ambientales también tienen una función social de mejora y transferencia de la comunicación entre un proyecto con los grupos de interés, de tal manera que permita la mejor toma de decisiones de actuación y la formulación de políticas (Hammond, Adriaanse, Rodenburg, Bryant y Woodward, 1995, p.1). Es por esta razón que la mejor forma de servir de canal de comunicación sobre el estado del medio ambiente es ser validado socialmente.

Para validar un conjunto o sistema de indicadores ambientales, uno de los caminos ampliamente desarrollados es aplicar el Método DELPHI. A nivel general, la literatura recomienda las siguientes fases: Fase 1: formulación del problema; Fase 2: elección de expertos; Fase 3: Elaboración y lanzamiento de los cuestionarios (en paralelo con la fase 2); y, Fase 4: desarrollo práctico y explotación de resultados (Astigarraga, Ortega (2008) explicita aún más el procedimiento metodológico para la aplicación del Método DELPHI:

1. Definición del problema

2. Formación de un grupo que aborde un tema específico.
3. Diseño del cuestionario que se utilizará en la primera ronda de preguntas.
4. Prueba del primer cuestionario.
5. Entrega del cuestionario a los panelistas.
6. Análisis de las respuestas de la primera ronda de preguntas
7. Preparación de la segunda ronda de preguntas y aprovechamiento de la primera ronda para perfeccionar las preguntas, siempre que proceda.
8. Entrega del segundo cuestionario a los panelistas.
9. Análisis de las respuestas de la segunda ronda de preguntas (Los pasos 5 a 9 deben repetirse iterativamente hasta cuando se llegue a un consenso o se alcance una cierta estabilidad en las respuestas).
10. Preparación de un informe por parte del equipo que analiza los resultados para presentar las conclusiones del ejercicio (p.32).

Una experiencia valiosa, que bien podría servir de marco orientador para aplicar el Método DELPHI a la construcción de indicadores, es el desarrollado por Bélanger, Vanasse, Parent, Allard, y Pellerin (2012). Fundamentados en esta investigación, podemos extractar seis (6) etapas:

- Paso 1.- Definir el concepto de sostenibilidad ambiental del área objeto de estudio.
- Paso 2.- Establecer los objetivos y principios para la evaluación.
- Paso 3.- Identificar el conjunto de indicadores potenciales y selección de indicadores candidatos.

- Paso 4.- Definición de los valores de referencia, la agregación de indicadores en componentes, y el establecimiento de los pesos relativos de los indicadores.
- Paso 5.- Prueba de los indicadores candidatos en el área objeto de estudio.
- Paso 6.- Seleccionar el conjunto final de indicadores (p.421).

El número de rondas seleccionadas para desarrollar el panel varía según el fenómeno de estudio, lo mismo que el número de expertos seleccionados. Landeta (1999) sugiere como idóneas entre 7 y 30 participantes por panel. Cuando el objetivo del trabajo es suscitar consenso, es aconsejable realizar tantas rondas como sea necesario hasta que se produzca el acuerdo o, si no se alcanza esta situación, hasta que se observe una estabilidad estadística de las respuestas en las dos últimas rondas (Muruais y Sánchez, 2012, p.5).

Se recomiendan dos grupos de expertos:

- Grupo de Expertos Teóricos
- Grupo de Expertos Prácticos (Macías et al., 2014).

Con la información recolectada se procede luego a su análisis, procesamiento y explotación estadística mediante software especializados conforme la hipótesis fundamental del estudio o investigación.

## CONCLUSIONES

Es fundamental para planificadores e investigadores que deseen estructurar indicadores ambientales, investigar a fondo el componente o fenómeno de interés, de tal manera que puedan

encontrar relaciones funcionales entre las diferentes variables que rigen ese entorno determinado. Este ejercicio previo facilitará la comprensión y el enrutamiento al panel de expertos sobre la realidad que se está analizando. Lo anterior debido a la posible dispersión geográfica entre los expertos seleccionados para la realización del panel y el no detallado conocimiento del entorno seleccionado para el estudio. De esta forma, se explota de una mejor forma la información obtenida del proceso.

Cada investigación planteada deberá estructurar una secuencia lógica de pasos a seguir para la aplicación del DELPHI. No todos los contextos son iguales y por ello debe analizarse el número de cuestionarios y número de rondas necesarias para validar estadísticamente un indicador o conjunto de indicadores. Además, deberá seleccionarse cuidadosamente los miembros del panel para obtener, de conformidad con la experiencia académica y profesional de cada uno de ellos, un conjunto de datos fiable y por tanto pertinente a la realidad que se está estudiando.

El investigador podrá incluso ir más allá al proponer Curvas de Transformación de Calidad Ambiental para cada indicador seleccionado, de tal manera que permita la agregación de un conjunto complejo de indicadores en un índice ambiental, simplificando la interpretación de resultados, haciéndolos más asequibles y entendibles para las personas del común. Para esta operación, el Método DELPHI resulta demasiado útil.

La validación social a través del Método DELPHI también permite cerrar la brecha, algunas veces existente, entre la investigación y la sociedad, principal beneficiaria de un conjunto de indicadores e índices ambientales en el proceso de comunicación social.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcalde-Escribano, J; Ruiz-López, P.; Acosta, F.; Landa, I.; Lorenzo, S.; Villeta-Plaza, R. y Jaurrieta, E. (2002). Estudio Delphi para el desarrollo de pautas de indicación de pruebas preoperatorias. Consenso de anesthesiólogos y cirujanos. *Revista de Calidad Asistencial*, 17 (1), 34–42.
- Aponte, G.; Cardozo, M. y Melo, R. (2012, Enero-Julio). Método DELPHI: aplicaciones y posibilidades en la gestión prospectiva de la investigación y desarrollo. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, ISSN: 1315-3617, XVIII (1), 41-52.
- Astigarraga, E. *El Método Delphi*. San Sebastian, España: Universidad de Deusto. Recuperado de: [http://www.prospectiva.eu/zaharra/Metodo\\_delphi.pdf](http://www.prospectiva.eu/zaharra/Metodo_delphi.pdf). Fecha de Consulta: 8 de Junio de 2015.
- Bélanger, V.; Vanasse, A.; Parent, D.; Allard, G. y Pellerin, D. (2012). Development of agri-environmental indicators to assess dairy farm sustainability in Quebec, Eastern Canada. *Revista Ecological Indicators*, No. 23, 421–430.
- Benitez-Capistrosa, F., Hugé, J. y Koedam, N. (2014). Environmental impacts on the Galapagos Islands:

Identification of interactions, perceptions and steps ahead. *Revista Ecological Indicators*, 38, 113– 123.

Blancas, F; Contreras, I; y Ramírez, J. Construcción de indicadores sintéticos: una aproximación para maximizar la discriminación. XIX Jornadas de ASEPUMA – VII Encuentro Internacional, Anales de ASEPUMA No. 19: 0110, 1-23, Valencia, España, 2011. Recuperado de: <http://www.uv.es/asepuma2011/comunicaciones/0110.pdf>. Fecha de Consulta: 11 de Junio de 2015.

Canter, L. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental; Técnicas para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental. 1ª ed. Madrid: Ediciones McGraw Hill, 1998, 841 p.

Carpio, E. Diseño de un Sistema de Indicadores e Índices de Gestión y de Calidad Ambiental para Proyectos de Minería del Carbón. Tesis de Grado, Facultad de Ingenierías y Tecnológicas. Departamento de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Universidad Popular del Cesar, Valledupar (Cesar), 2007.

Carpio, E.; Angulo, L. y Rosado, L. (2008, Enero-Julio). Diseño de un sistema de indicadores ambientales para minería del carbón en Colombia. Caso minas del departamento del Cesar, Colombia. *Revista Prospectiva*, Universidad Autónoma del Caribe, Vol. 6 (1), 11-17.

Conesa, V. Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental. 3ª ed, 412 pp., Ediciones Mundi-Prensa,

Madrid, España, 1997.

EDUTEKA (2002). La Enseñanza de la Competencia en el Manejo de la Información (CMI) Mediante el Modelo Big6. Recuperado de: <http://www.eduteka.org/AplicaBig6.php>. Fecha de Consulta: 12 de Junio de 2015.

Gallopín, G. Los Indicadores de Desarrollo Sostenible: Aspectos Conceptuales y Metodológicos. I Seminario de Expertos sobre Indicadores de Sostenibilidad en la Formulación y Seguimiento de Políticas, Santiago (Chile), Agosto, 2006. Fecha de Consulta: 8 de Junio de 2015.

Galo, J.; Macedo, M.; Almeida, L. y Lima, A. (2014). Criteria for smart grid deployment in Brazil by applying the Delphi method. *Revista Energy*, 70, 605-611.

García, L. Aplicación del Análisis Multicriterio en la Evaluación de Impactos Ambientales. Tesis de Doctorado, Programa de Doctorado en Ingeniería Ambiental, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona (España), Mayo de 2004.

Hammond, A.; Adriaanse, A.; Rodenburg, E.; Bryant, D. y Woodward, R. (1995, Mayo). *Environmental Indicators: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development*. Washington, DC, USA: Publicaciones World Resources Institute.

Kaynak, E., y Macauley, J. A. (1984). The Delphi technique in the measurement



- of tourism market potential: The case of Nova Scotia. *Tourism Management*, 5, 87-101.
- Kuo, N.W.; Hsiao, T.Y. y Yu, Y.H. (2005, Abril). A Delphi–matrix approach to SEA and its application within the tourism sector in Taiwan. *Environmental Impact Assessment Review*, 25 (3), 259–280.
- Hsiao, T.Y.; Chuang, C.M.; Kuo, N.W. y Yu, S. (2014). Establishing attributes of an environmental management system for green hotel evaluation. *Revista International Journal of Hospitality Management*, 36, 197– 208.
- ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 14031. Bogotá, D.C., Colombia: Ediciones ICONTEC, 2000.
- Landeta, J. (1999). El método Delphi. Una técnica de previsión para la incertidumbre (1ª ed). Barcelona, España: Editorial Ariel, 1ª edición, Barcelona.
- Lee, I y Wang, H.H. (2014). Preliminary Development of Humanistic Care Indicators for Residents in Nursing Homes: A Delphi Technique. *Revista Asian Nursing Research*, 8, 75-81.
- Linstone H. A. y Turrof, M. (1975). *The Delphi method, techniques and applications*. Editorial Addison Wesley.
- Macías P., M; Gonzalez-Cancelasa, N. y Soler-Flores, F. (2014). DELPHI-SWOT tools used in strategic planning of the Port of Manta. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 162, 129 – 138.
- Masdeu, C. (2015, Marzo). The Delphi method in health. *Revista Hipertensión y Riesgo Vascular*, 32 (1), 12–16.
- Miller, G. (2001). The development of indicators for sustainable tourism: results of a Delphi survey of tourism researchers. *Tourism Management*, 22, 351-362.
- Martín, M. Integración de Indicadores de Sostenibilidad en la Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos Industriales. Tesis de Pregrado, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Escuela Superior de Ingenieros, Universidad de Sevilla, Abril de 2007.
- MMAE (1996). *Indicadores Ambientales: Una Propuesta para España*. Madrid: Ediciones Ministerio de Medio Ambiente (MMAE) de España.
- Muruais R, J. y Sánchez R., J.C. (2012, Febrero). Aplicación del método Delphi para identificar los factores clave de fidelización entre proveedor y cliente dentro del sector eléctrico. *Revista Tecnología y Desarrollo*, ISSN: 1696-8085, X, 1-15.
- OCDE (1993). *Core set of indicators for environmental performance reviews*. Environment Monographs N° 83. Paris, Ediciones OCDE.
- Ortega Mohedano, F. (2008, Septiembre-Diciembre). El método Delphi, prospectiva en Ciencias Sociales a través del análisis de un caso práctico. *Revista EAN*, No. 64, 31-54.

- Pérez, F.; Blancas, F.; González, M.; Guerrero, F.; Lozano, M. y Ruiz, M. Análisis, diseño y comparación de indicadores sintéticos. XVI Jornadas ASEPUMA—IV Encuentro Internacional, Anales de ASEPUMA No. 16: 803, Cartagena, España, 2008
- Pino, M. Análisis de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental y Urbana en las Agenda 21 Local y Ecoauditorías Municipales: El Caso de las Regiones Urbanas Europeas. Tesis de Doctorado, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona (España), 2001.
- Quiroga, R. (2007). Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: Cepal - Naciones Unidas.
- Schuschny, A. y Soto, H. Guía metodológica. Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. Colección Documentos de Proyectos CEPAL, Santiago, Chile, Mayo, 2009.
- Scolozzi, R.; Morri, E. y Santolini, R. (2012). Delphi-based change assessment in ecosystem service values to support strategic spatial planning in Italian landscapes. *Ecological Indicators*, 21, 134–144.
- Suárez, D. [a] Conceptos y Formulación de Indicadores. Programa de Información e Indicadores de Gestión de Riesgos de Desastres Naturales BID - CEPAL – IDEA, Manizales, Colombia, Agosto, 2003a.
- Suárez, D. [b] Indicadores e Índices Ambientales: Marco Teórico de Indicadores. Programa de Información e Indicadores de Gestión de Riesgos de Desastres Naturales BID - CEPAL – IDEA, Manizales, Colombia, Agosto, 2003.
- Varela-Ruiz, M.; Díaz-Bravo, L. y García-Durán, R. (2012). Descripción y usos del método Delphi en investigaciones del área de la salud. *Revista Investigación en Educación Médica*, 1(2), 90-95.
- Zaragoza, R.; Llinares, P.; Maseda, E.; Ferrer, R. y Rodríguez, A. (2013, Julio-Septiembre). Épico project: Development of educational recommendations using the DELPHI technique on invasive candidiasis in non-neutropenic critically ill adult patients. *Revista Iberoamericana de Micología*, 30 (3), 135-149.
- Zaror, C. (2000). Introducción a la Ingeniería Ambiental para la Industria de Procesos. Concepción, Chile: Universidad de Concepción, 500 p.