



## Nueva metodología para la elaboración de un estudio de impacto ambiental

**Autor:** Dolores Encinas Malagón

**Institución:** Universidad del País Vasco

**Otros autores:** Zuriñe Gómez de Balugera López de Alda (Universidad del País Vasco)

## Resumen

El Estudio de Impacto Ambiental es una herramienta de obligado cumplimiento en el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental. La mayoría de los Estudios de Impacto Ambiental se caracterizan por la falta de concreción a la hora de determinar los impactos sobre cada uno de los factores afectados por el proyecto.

En este trabajo se propone una metodología que de forma objetiva determina el valor del impacto global del proyecto mediante la agregación de los impactos ambientales generados en cada uno de los factores ambientales. Esta valoración se realiza de forma independiente en cada una de las fases del proyecto.

Esta metodología toma como referencia métodos ampliamente utilizados para la determinación de impactos ambientales, tales como las matrices de interacción causa-efecto y el método cuantitativo del Instituto Batelle–Columbus, que como es sabido generan numerosos problemas en su ejecución, como, por ejemplo, la imposibilidad de agregar los valores de los impactos individuales.

Con este procedimiento se propone una solución a éste y otros problemas, determinando los requisitos y condiciones que es necesario aplicar en la valoración de los impactos para obtener el impacto global del proyecto.

La aplicación práctica se realiza a través de una sencilla herramienta informática, más concretamente, el programa Excel, que permite la realización de la valoración cuantitativa de los impactos ambientales, ajustándose a los requisitos y condiciones mencionados.

**Palabras clave:** Evaluación de Impacto Ambiental, Estudio de Impacto Ambiental

## 1. Introducción.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) pretende establecer un equilibrio entre el desarrollo de la actividad humana y el Medio Ambiente, sin pretender llegar a ser un freno al desarrollo, sino un instrumento operativo para impedir sobreexplotaciones del medio natural.

En los Estudios de Impacto Ambiental (EsIA), se han empleado diferentes métodos para la valoración de los impactos ambientales, tales como la matriz de Leopold [1] o la cuantificación vía indicadores [2-4] propuesta en el algoritmo de Batelle-Columbus [5], en el que la diferencia de la calidad ambiental entre las situaciones “con proyecto” y “sin proyecto” permite una evaluación verificable, a fin de determinar el impacto ambiental del proyecto. Desde entonces y hasta la actualidad, la mayoría de las metodologías cuantitativas existentes se refieren a impactos ambientales específicos [6,7] o que caracterizan proyectos definidos y meramente descriptivos [8-10].

Las metodologías cuantitativas empleadas en el Estado español [4,11,12] evalúan los impactos individuales y el comportamiento global de todo el sistema. Sin embargo, existen una serie de problemas como la dificultad para agregar de forma objetiva las importancias y magnitudes de los impactos individuales, las diferencias entre los distintos tipos de indicadores utilizados en la determinación cuantitativa de los impactos, la escala temporal de desarrollo de cada una de las fases del proyecto, etc. Estos problemas dificultan una objetiva evaluación del impacto total de un proyecto o actividad sobre el entorno en el que se ubica.

Para solventar estos problemas se propone una metodología que determina en un primer paso las importancias de impacto individuales y las agrega para cada uno de los factores ambientales, seguido de una valoración cuantitativa del impacto generado sobre cada uno de los factores afectados. El procedimiento continúa con el cálculo del valor de impacto mediante la combinación matemática de las importancias y las magnitudes de impacto. La contribución relativa de cada uno de estos dos conceptos al valor de impacto depende de las características del indicador utilizado en la valoración cuantitativa. Finalmente, una vez calculados los valores del impacto global sobre los factores ambientales, la agregación de dichos valores ponderada por los pesos asignados a cada factor permite obtener el valor global del impacto sobre el total del entorno.

Estos valores de impacto se determinan de forma independiente para cada una de las fases del proyecto y su agregación permite la determinación del valor de impacto total generado por el proyecto sobre el entorno.

## 2. Procedimiento de evaluación de los impactos ambientales.

La evaluación de los impactos ambientales tiene por objetivo determinar el impacto global de un proyecto o actividad sobre los factores ambientales afectados. Para determinar dicho impacto se establece un procedimiento que se aplica de forma sistemática en cada una de las fases del proyecto. Por lo tanto, a continuación se presenta el procedimiento general, teniendo en cuenta que el mismo es de aplicación particular a cada una de las fases.

Este procedimiento consta de dos evaluaciones complementarias realizadas desde dos perspectivas diferentes: cualitativa y cuantitativa.

La evaluación cualitativa consiste en la determinación de la importancia de los impactos en base a los atributos de impacto.

Por su parte, la evaluación cuantitativa determina los impactos a partir de la diferencia entre los estados del factor ambiental “después” y “antes” de producirse las acciones que los causan. Esta evaluación se fundamenta en la utilización de indicadores ambientales, específicamente diseñados para estimar la calidad ambiental de los factores ambientales, cuantificando la magnitud de los impactos como la diferencia de la calidad ambiental entre las situaciones “con” y “sin” proyecto.

Una vez efectuadas ambas evaluaciones, se agregan sus resultados para estimar el impacto global de cada una de las fases del proyecto y posteriormente del proyecto global.

### **2.1. Evaluación cualitativa de la importancia del impacto global (INp), basada en los atributos de impacto.**

Este procedimiento consiste en calcular la importancia del impacto individual ( $I_{ij}$ ) que provoca una acción (i) del proyecto sobre un factor ambiental (j). Posteriormente, se agregan las importancias de los impactos individuales para determinar la importancia del impacto global ( $I_j$ ) de la fase del proyecto en estudio sobre cada factor ambiental.

#### **2.1.1. Determinación de la importancia del impacto individual de una acción sobre cada factor ambiental ( $I_{ij}$ ).**

La determinación de la importancia del impacto ambiental se basa en el hecho de que un impacto ambiental está configurado mediante diferentes atributos de impacto (momento, periodicidad, reversibilidad, etc.). La combinación lineal de los valores de estos atributos determina el valor de su importancia.

En este procedimiento se utiliza la siguiente combinación lineal basada en la ecuación propuesta por Vicente Conesa [11]:

$$I_{ij} = \pm (MO + PE + CR + EF + II + PR) \quad (1)$$

Este método se aplicará a cada impacto individual que incida sobre el factor ambiental a valorar.

### **2.1.2. Agregación de las importancias de los impactos individuales que afectan a cada factor ambiental.**

Para evaluar la importancia del impacto global sobre un factor ambiental ( $I_j$ ), se establece un método de agregación de los  $n$  impactos individuales teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Al aumentar el número de impactos individuales que inciden sobre el factor ambiental, debe aumentar  $I_j$ .
- Si  $I_{\max}$  es el valor máximo "posible" de  $I_{ij}$  y  $MAX_j$  es valor máximo "real" de todos los  $I_{ij}$ , el valor de  $I_j$  debe estar comprendido dentro del rango  $[MAX_j; I_{\max}]$ .
- Al aumentar el valor promedio de las importancias de los  $n$  impactos individuales ( $\bar{I}_j$ ), debe aumentar  $I_j$ .
- Cuanto mayor es la diferencia entre  $I_{\max}$  y  $MAX_j$  mayor debe ser  $I_j$ , y en consecuencia, menor es el solapamiento entre los distintos impactos individuales.
- El factor de crecimiento,  $fc$ , permite modular los efectos anteriores. Su valor por defecto es 0,1.

En base a estos criterios se establece la siguiente expresión para estimar  $I_j$ :

$$I_j = MAX_j + \left\{ (I_{\max} - MAX_j) * \left( 1 - e^{-(n-1)fc} \right) * \left( 1 - e^{-\bar{X}_j} \right) \right\} \quad (2)$$

Puede observarse que el valor de  $I_j$  aumenta a partir de  $MAX_j$ . Así, cuando  $n=1$ , es decir, el factor ambiental se ve afectado por un único impacto, ocurre que  $I_j = I_1 = MAX_j$ . Al aumentar  $n$ , el valor de  $I_j$  puede aumentar desde  $MAX_j$  hasta  $I_{\max}$  en una cantidad que será función, entre otros, del número de impactos que afectan al factor y de su grado de solapamiento.

Con el objetivo de normalizar los valores de  $I_j$  a una escala entre -1 y 1, se define la importancia estándar del impacto global sobre un factor ambiental ( $I_{stj}$ ) donde  $I_{\min}$  es el valor mínimo "posible" de la importancia del impacto:

$$I_{stj} = \frac{I_j - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \quad (3)$$

De este modo se obtiene la evaluación de la importancia estándar del impacto global sobre cada factor ambiental del entorno, obtenida por agregación de las importancias de los impactos individuales, en función de los atributos del impacto.

## **2.2. Evaluación cuantitativa de la magnitud del impacto global sobre cada factor ambiental basada en los indicadores ambientales ( $M_j$ ).**

Este método de evaluación comienza con la selección del indicador más adecuado para valorar el factor ambiental en cuestión. Debe tenerse en cuenta que elegir un indicador significa precisar el modo en que se conceptúa el factor ambiental a valorar y que debe permitir llevar a cabo una lectura sucinta, comprensible y científicamente válida de dicho factor.

A continuación, se debe medir el valor del indicador en la situación preoperacional o situación “sin”, es decir, antes de que el factor ambiental se vea afectado por las acciones del proyecto. Posteriormente se debe estimar el valor del indicador en la situación “con”, indicando el valor esperado como consecuencia de todos los impactos que inciden sobre el factor ambiental.

Dada la heterogeneidad de los factores ambientales, y en consecuencia, la de los indicadores diseñados para cuantificarlos, si se pretende establecer algún tipo de agregación de los impactos recibidos por factores ambientales diferentes, es preciso convertir los valores de los distintos indicadores a una escala única de valoración por medio de sus funciones de transformación.

Con este propósito, se ha efectuado una recopilación de funciones de transformación de un gran número de indicadores, junto con información relevante sobre cada indicador: definición, unidades, rangos de valores, valores de referencia, etc. [13]. Mediante tales funciones, los valores de los indicadores ambientales se convierten a una escala única de calidad ambiental comprendida entre 0 y 1. De este modo, a partir de los valores del indicador en las situaciones “sin” y “con”, se determinan los correspondientes valores de calidad ambiental. La diferencia entre ambos (calidad ambiental “con” y calidad ambiental “sin”) proporciona la magnitud del impacto global ( $M_j$ ) que recibe cada factor ambiental.

### **2.2.1. Cálculo del valor del impacto global sobre cada factor ambiental ( $V_j$ ).**

Con el objetivo de obtener el valor del impacto global es necesario tener en cuenta, tanto la importancia del impacto, que lo describe cualitativamente, como su magnitud cuantitativa.

Mediante la integración de ambos tipos de evaluación (cualitativa y cuantitativa) se pretende proporcionar un procedimiento donde ambas perspectivas se complementen, de modo que el valor del impacto dé cuenta de aspectos relativos a los dos tipos de evaluación. No obstante, dado su carácter cuantitativo, se concede una mayor relevancia a la evaluación basada en la magnitud, de manera que la evaluación cualitativa actúa como un modificador que complementa la anterior.

A continuación se propone un procedimiento de cálculo destinado a integrar los resultados de ambas evaluaciones, obteniendo un valor de impacto global ( $V_j$ ), que es el resultado de combinar la importancia estándar del impacto global sobre un factor ambiental ( $Ist_j$ ) y la magnitud del impacto global basado en los indicadores de calidad ambiental ( $M_j$ ).

En primer lugar, debe tenerse en cuenta que la información que se obtiene de un indicador depende de su grado de sofisticación. Algunos indicadores son muy completos y en su propia definición contemplan aspectos relacionados con algunos atributos de impacto. El uso de estos indicadores permite realizar el cálculo de  $V_j$  teniendo en cuenta únicamente  $M_j$  y obviando  $Ist_j$ .

Sin embargo, hay indicadores mucho menos desarrollados, cuya definición es muy sencilla y no contemplan aspectos relacionados con los atributos de impacto. En este caso, será necesario tener en cuenta  $Ist_j$  y  $M_j$  en el cálculo de  $V_j$ .

Por lo tanto, el grado de sofisticación o cantidad de información que contiene el indicador utilizado condiciona el grado de participación de  $Ist_j$  en  $V_j$ . Para medir dicho grado de participación se define el parámetro  $F_{c_j}$  que cuantifica el máximo porcentaje en que la importancia puede modificar la magnitud en la determinación de  $V_j$ , de acuerdo con la siguiente expresión:

$$V_j = F_{c_j} M_j \quad (4)$$

siendo

$$F_{c_j} = 1 + T_j ( |2Ist_j| - 1 ) \quad (5)$$

$T_j$  es una constante que depende de la complejidad del indicador utilizado para valorar el impacto sobre cada factor ambiental, según la siguiente clasificación:

**TIPO UNO** (para indicadores muy elaborados): El valor de  $T_j = 0$ . Por lo tanto, la importancia no interviene en la valoración del impacto y el valor de impacto coincide con la magnitud del impacto.

**TIPO DOS** (para indicadores más simples): El valor de  $T_j = 0,25$ . La mayor parte de los indicadores disponibles pueden considerarse de este tipo. Por lo tanto, el valor de impacto puede variar desde  $0,75M_j$ , cuando  $Ist_j = 0$ , hasta  $1,25 M_j$  cuando el valor absoluto de  $Ist_j = 100$ . Si  $Ist_j = 50$  se cumple que  $V_j = M_j$ , es decir, el valor del impacto no se ve afectado por la importancia.

**TIPO TRES** (para indicadores de carácter cualitativo o semicualitativo): El valor de  $T_j = 0,5$ . En este caso, el valor de impacto puede variar desde  $0,50M_j$ , cuando  $Ist_j = 0$ , hasta  $1,50M_j$  cuando  $Ist_j = 100$ . Si  $Ist_j = 50$ , se cumple<sup>1</sup> que  $V_j = M_j$

Con este procedimiento se calcula el valor del impacto global que generan las distintas acciones de cada fase del proyecto sobre un factor ambiental, utilizando para ello una evaluación que complementa el estudio cualitativo y cuantitativo de los impactos.

<sup>1</sup> De esta clasificación se deduce que cuanto menor es la información que aporta el indicador, mayor es la influencia de la importancia sobre el valor del impacto.

### **2.2.2. Cálculo del impacto global sobre el entorno ( $V_p$ ).**

Una vez calculados los valores del impacto global sobre los factores ambientales, será necesario agregarlos de forma ponderada para obtener el valor global del impacto sobre el total del entorno. Dicha ponderación se realiza teniendo en cuenta el peso ( $P_j$ ) que cada uno de los factores ambientales tiene en el entorno mencionado.

$$V_p = \sum_j V_j P_j \quad (6)$$

### **2.2.3. Cálculo del valor del impacto del proyecto sobre el entorno.**

Este procedimiento, tal y como se ha indicado anteriormente, será realizado de forma independiente para cada una de las fases del proyecto.

La suma algebraica de los valores de impacto global de cada una de dichas fases permitirá calcular el valor del impacto generado por el proyecto sobre el entorno.

## **3. Conclusiones.**

En el presente trabajo se propone una metodología para determinar el impacto generado por un proyecto en el entorno en el que se ubica, utilizando para ello la agregación de los impactos individuales y evitando de esta manera los problemas que habitualmente surgen en los estudios de impacto ambiental.

Esta metodología presenta como principales novedades:

1. La utilización de criterios de agregación, basados en el número de impactos, en el grado de solapamiento, etc., lo que permite englobar en un único valor las importancias de los impactos individuales que afectan a cada factor ambiental.
2. La distribución de los indicadores ambientales en función de su grado de sofisticación o cantidad de información que contienen en su definición. Esto condiciona el grado de participación de la importancia y de la magnitud en el valor del impacto.
3. La evaluación del impacto de forma independiente para cada una de las fases del proyecto y el cálculo del impacto generado por el proyecto sobre el entorno como la suma algebraica de los valores de impacto global de cada una de dichas fases.

En comparación con las metodologías clásicas este procedimiento permite una evaluación más objetiva, precisa y exacta del valor del impacto ambiental generado por un proyecto sobre su entorno.

### **Bibliografía.**

1. L.B. Leopold, F.E. Clarke, B.B. Hanshaw, J.R. Balsey (1971) *A procedure for evaluating environmental impact. Circular 645*. US Geological Survey, Washington DC, (1971).
2. V.A. Cloquell-Ballester, R. Monterde-Díaz, M.C. Santamarina-Siurana *Environmental Impact Assessment Review* 26, (2006), 79.
3. P. Antunes, R. Santos, L. Jordao *Environmental Impact Assessment Review* 21:, (2001), 511.
4. D. Gómez. *Evaluación de Impacto Ambiental. Un instrumento preventivo para la gestión ambiental*, Mundi-Prensa, Madrid, (2002).
5. Battelle Institute. *Environmental evaluations systems*. Government Printing Office, US Department of the Interior, USA, (1972)
6. P. Roudgarmi , N. Khorasani, S.M. Monavari, J. Nouri, *Journal of Food Agriculture & Environment* 6, (2008), 199.
7. P. Bose, R. Chakrabarti, *Civil Engineering and Environmental Systems* 20, (2003), 31.
8. R. Albergaria, T. Fidelis, *Environmental Impact Assessment Review* 26 (2006), 614.
9. P. Christensen, *Environmental Impact Assessment Review* 26 (2006), 468.
10. N.p. Say, M. Yücel, M. Yilmazer, *Energy Policy* 35, (2007), 6395.
11. V. Conesa, *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*, Mundi-Prensa, Madrid, (2010)
12. A. Garmendia, A. Salvador, C. Crespo, L. Garmendia, *Evaluación del impacto ambiental*, Prentice Hall, Madrid, (2003).
13. R. Peche, D. Encinas, Z. Gómez de Balugera, M.A. Ortuzar, *Estudio de Impacto Ambiental: Procedimiento y herramientas*, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (2008).