

LAS MATRICES DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL: UNA NUEVA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LAS CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MEDIO AMBIENTE
The Environmental impacts evaluation-matrix: a new didactical proposal for teaching of Earth and Environmental Sciences

José Manuel García Aguilar (*)

RESUMEN

Este trabajo propone una actividad práctica de cara a la evaluación de impactos medioambientales a partir de matrices numéricas subjetivas. Esta propuesta ha sido diseñada y experimentada para la asignatura de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente (2º curso de Bachillerato de Ciencias de la Naturaleza y la Salud), como complemento didáctico en el estudio de los distintos bloques conceptuales incluidos en el temario general de esta asignatura.

ABSTRACT

The present work proposes an experimental study about environmental impacts through evaluation-matrix analysis. This study has been designed and applied as a didactical option for the teaching of Earth and Environmental Sciences (a course in the last year of Secondary Education).

Palabras clave: *Ciencias de la Tierra, Evaluación de impactos ambientales, Didáctica.*

Keywords: *Earth Sciences, Environment impacts evaluation, Didactics.*

INTRODUCCIÓN

La asignatura de Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente aparece incluida en los planes de estudio de Bachillerato de Ciencias de la Naturaleza y la Salud (ciclo 16-18 años) en su segundo curso, con carácter obligatorio. Esta disciplina presenta unos contenidos conceptuales ordenados sintéticamente en tres grandes bloques temáticos (Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, B.O.J.A. 26/VII/1994. Tabla I). Estos contenidos se caracterizan por su componente transversal e interdisciplinar, incidiendo en el estudio de recursos naturales, impactos ambientales de origen antrópico, y análisis de las capas externas que configuran nuestro planeta.

A-LOS SISTEMAS TERRESTRES: *Geosfera, Atmósfera, Hidrosfera, Biosfera, Zonas de interfase: suelo y litoral.*

B-RELACIONES ENTRE HUMANIDAD Y NATURALEZA: *Riesgos naturales, Recursos naturales, Impactos ambientales locales, regionales y globales, Conexiones socioeconómicas de los impactos ecológicos.*

C-MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE: *Modelos de desarrollo, Modelos conservacionistas, Evaluación de impactos ambientales, Legislación y educación medioambiental.*

Tabla I. Síntesis de bloques conceptuales en la asignatura de Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente (según las directrices establecidas en el B.O.J.A. 26/VII/1994).

Uno de los problemas asociados a esta transversalidad conceptual consiste en abordar los distintos contenidos teóricos de la asignatura a partir de una interrelación y conexión de datos, que abarcan normalmente aspectos de disciplinas tan variadas como Geología, Ecología, Geografía, Tecnología o Economía. En cuanto al planteamiento de actividades prácticas, esta problemática se amplifica dada la necesidad de experimentar en ellas de modo simultáneo aspectos y variables geodinámicas, ecológicas y antrópicas.

Las propuestas a realizar en este sentido han de tener en cuenta una serie de aspectos didácticos y de organización, como por ejemplo la distribución horaria de la asignatura (4 horas semanales), número de alumnos, infraestructuras (material de laboratorio, posibilidad de usar entornos naturales cercanos al centro) y estado del desarrollo teórico de la misma. En este sentido, la experimentación didáctica de esta asignatura en el Instituto de Enseñanza Secundaria de Los Boliches (Fuengirola, Málaga) durante tres cursos académicos ha permitido el diseño de varias actividades prácticas: salidas de campo, estudio sobre riesgos naturales, y estudio sobre la evolución en el tiempo del entorno medioambiental (García Aguilar y Pérez López, 1994; García Aguilar, 1995; García Aguilar, 1996; García Aguilar, 1998).

Durante el presente curso académico 1997/98 se ha propuesto una nueva actividad práctica para esta asignatura consistente en la evaluación de impactos ambientales a partir de un modelo simplificado de la matriz de Leopold (1971). La secuencia práctica llevada a cabo, así como el diseño y la evaluación didáctica esta propuesta constituye el objetivo fundamental del presente trabajo.

(*) IES Los Boliches. C/Frascuelo s.n. Fuengirola 29640, Málaga

JUSTIFICACIÓN DE LA PRÁCTICA

Tal y como se ha comentado anteriormente, uno de los problemas relacionados con la enseñanza experimental de las Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente consiste en la integración e interconexión entre factores bióticos, abióticos y antrópicos de un espacio determinado. Por otra parte, tenemos como el estudio, análisis y evaluación de dichas relaciones constituye uno de los aspectos fundamentales del estudio de los impactos ambientales (MOPT, 1992). Dada la enorme cantidad de variables puestas en juego en este tipo de estudios, y teniendo en cuenta la necesidad de contar con una propuesta fácil y asequible para un nivel de Bachillerato, se decidió utilizar la metodología planteada por Leopold (1971), consistente en la elaboración de una matriz numérica de doble entrada: factores ambientales de un lado (elementos pertenecientes a la Geosfera, Hidrosfera, Atmósfera, Biosfera y Antroposfera) susceptibles de ser modificados por acciones antrópicas, y una relación de tales acciones antrópicas. Esta matriz conforma una tabla gráfica donde cada casilla cuenta con un dígito subjetivo, indicativo del grado de impacto que causa cada acción antrópica sobre cada elemento ambiental.

Desde una perspectiva didáctica, esta propuesta cuenta en mi opinión con cinco aspectos positivos:

1- Requiere un nivel de infraestructura y organización mínimo, en términos relativos, así como un fácil diseño preliminar por parte del profesor.

2- Ofrece la posibilidad de aplicarse tanto sobre supuestos teóricos, como de ser aplicada a algún caso real, tanto del entorno cercano al centro (siempre recomendable), como de algún caso notorio de impacto ambiental documentado en los medios de comunicación.

3- Ofrece de cara al alumno una imagen integrada sobre las relaciones entre aspectos bióticos, abióticos y antrópicos del entorno considerado, así como las modificaciones y líneas de conexión existentes entre ellos.

4- Aporta una matiz cuantitativo, siempre interesante cuando se trata de evaluar un impacto ambiental y decidir que actuaciones antrópicas son mejores o peores frente al Medio Ambiente.

5- Permite una labor de diagnóstico sobre las acciones que deberían hacerse de cara a corregir, paliar o anular algún tipo de actuación antrópica especialmente peligrosa.

DISEÑO DIDÁCTICO

El ámbito de aplicación de esta experiencia se ha llevado a cabo en el curso académico 1997/98 dentro de la asignatura de Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente sobre un número total de 44 alumnos. No obstante, se podría considerar factible su realización en otras disciplinas de Bachillerato como pueden ser Ecología o Biología y Geología. En todo caso, se resalta la necesidad de que el alumno posea una cierta base de conocimientos sobre dinámica medioambiental y ecología, alcanzados teóricamente dentro del nivel de Bachillerato.

Una vez centrado el nivel académico de la experiencia, fué realizada la secuencia práctica a partir de la elección de dos supuestos casos de impacto ambiental existentes en la localidad de Fuengirola (un vertedero de residuos urbanos y un restaurante cercano a la playa), análisis preliminar de cada caso, modificación y simplificación de la matriz de evaluación de impactos original de Leopold a través de una selección de los principales elementos bióticos, abióticos y antrópicos existentes, y una selección de la escala numérica subjetiva a emplear para la evaluación de los impactos. En nuestro caso, esta escala se ha simplificado en 4 opciones (0-1-2-3), correspondiendo el 0 a un impacto nulo, el 1 a un impacto leve, el 2 a un impacto moderado y el 3 a un impacto grave. Cabe recordar que en el modelo original de Leopold se considera una escala de 1 a 10.

Una vez llevados a cabo estos objetivos preliminares se procedió al análisis de las relaciones existente entre cada factor ambiental considerado con cada una de las actuaciones antrópicas derivadas del ejemplo seleccionado, eligiendo el grado de impacto dentro de esta escala entre 0 y 3. Una vez rellenada la matriz, se pasó a sumar las filas y columnas correspondientes, obteniendo así unos valores de gran interés acerca de los recursos y elementos ambientales más afectados por cada impacto, así como de las actuaciones antrópicas más peligrosas para el Medio Ambiente.

Las características didácticas de esta propuesta: concreción temática, interdisciplinariedad (uso de conceptos y procedimientos intertemáticos), y aplicación práctica de los ámbitos teóricos impartidos, la hacen plenamente compatible con las directrices pedagógicas recogidas en el diseño curricular de esta asignatura (B.O.J.A. 26/VII/1994).

Una vez planteada la actividad se procedió, antes de su puesta en práctica, a un diseño didáctico centrado en tres fases: condicionantes operativos preliminares (Tabla II), organización didáctica secuencial (Tabla III), y objetivos generales del estudio (Tabla IV).

A- Nivel académico 16-18 años. Materias competentes en el ámbito de la Geología y el Medio Ambiente. Base académica suficiente en los alumnos.
B- Aula-laboratorio y división en pequeños grupos de trabajo (3-4 alumnos).
C- Diseño preliminar de la experiencia. Elaboración y recopilación del material necesario: modelo de matriz de impacto, documentación gráfica, datos teóricos, base bibliográfica, datos de campo, etc.
D- Dinámica docente interactiva. Papel del profesor como monitor.

Tabla II. Condicionantes operativos preliminares del estudio

FASE	ACTIVIDAD	REALIZACION	TIEMPO
1	Planteamiento de la actividad. Conceptos teóricos asociados. Recepción del material. Objetivos propuestos. Salida de campo (horas no lectivas).	Conjunta	4 horas
2	Análisis de las variables bióticas, abióticas y antrópicas involucradas. Análisis de los impactos producidos. Determinación del índice 0-3 de impacto ambiental.	Conjunta	3 horas
3	Análisis de las matrices. Catalogación de recursos sujetos a mayor impacto y acciones antrópicas más peligrosas para el entorno.	Grupos	2 horas
4	Obtención de resultados y conclusiones. Elaboración del informe final. Evaluación del trabajo efectuado.	Grupos	2 horas
5	Exposición del trabajo. Difusión de los resultados a nivel externo (opcional).	Conjunta	2 horas

Tabla III. Organización didáctica secuencial del estudio

Analizando brevemente cada una de las fases del estudio, tenemos que dentro de la primera, además de tratar el planteamiento general, metodología de trabajo y objetivos de la práctica, fueron impartidos aquellos conceptos teóricos necesarios de cara a analizar e interpretar los recursos bióticos, abióticos y antrópicos existentes en las zonas de estudio, así como la identificación de las actividades humanas causantes de impactos sobre dichos elementos medioambientales. Todos estos aspectos teóricos aparecen incluidos de manera implícita en el temario general de la asignatura, con lo que fué posible seguir avanzando en el desarrollo conceptual, a la vez que se realizaba la actividad práctica.

De modo paralelo, se elaboró el modelo de matriz de impacto utilizada seleccionando para ello aquellos elementos más importantes y determinantes incluidos en el modelo original de Leopold (1971). Con esta adaptación se ha pretendido una mejor comprensión por parte del alumno, así como una mejora en la dinámica de su utilización y análisis.

De este modo, de las 85 variables incluidas en los factores ambientales y las 98 acciones que pueden causar efectos ambientales recogidas en la matriz original, se ha pasado a 29 y 23 respectivamente (tabla V). Para el primer caso, se han dividido a su vez según su pertenencia a las distintas capas que configuran nuestro planeta: Geosfera, Atmósfera, Hidrosfera, Biosfera y Antroposfera.

Dentro de la segunda fase se procedió en grupos de trabajo a analizar los casos seleccionados (existencia de un vertedero de residuos urbanos y un restaurante cercano a la playa) y decidir tanto los elementos medioambientales (eje X de la matriz), como las acciones potencialmente constitutivas de impacto (eje Y de la matriz), en cada caso. Una vez llevada a cabo esta elección se procedió a decidir el grado de impacto según una elección bastante sencilla: impacto nulo (valor 0), impacto leve o apreciable (valor 1), impacto moderado o notorio (valor 2), o impacto grave o destructivo (valor 3), colocando este valor en cada casilla de cruce dentro de la matriz.

1- OBJETIVOS CONCEPTUALES

1A-Concepto de Recurso natural. Recursos bióticos, abióticos y antrópicos. Usos, aprovechamientos y conservación.

1B-Concepto de Impacto Ambiental (IA): tipos y efectos sobre el medio biótico, abiótico y humano. Medidas correctoras. Cuantificación de los IA. Las matrices de evaluación de impacto ambiental (MEIA): tipos, realización y datos que proporcionan.

1C-Ejemplos de confección de una MEIA: interpretación de resultados. Medidas correctoras deducidas de los datos finales de una MEIA.

2- OBJETIVOS PROCEDIMENTALES

2A-Diseño y desarrollo de la experimentación. Planteamiento de objetivos.

2B-Uso autónomo de fuentes bibliográficas e información adicional.

2C-Ordenación, tratamiento, e interpretación de datos.

2D-Elaboración de informes. Comunicación de resultados.

2E-Experimentación de técnicas de campo aplicadas a la resolución de problemas medioambientales.

3- OBJETIVOS ACTITUDINALES

3A-Organización, investigación, y pensamiento crítico.

3B-Trabajo en equipo. Valoración de la capacidad de trabajo individual.

3C-Valoración del entorno natural, necesidad de su conservación, y valoración de los impactos de origen antrópico.

Tabla IV. Objetivos generales del estudio

Una vez completada la matriz numérica, pasamos a realizar la fase 3, donde cada grupo de alumnos efectuó el análisis de la misma sumando los valores de cada fila y columna, con lo cual fué posible decidir de un modo objetivo aquellos elementos medioambientales más afectados y aquellas actuaciones humanas más peligrosas para la conservación de estos recursos y elementos medioambientales.

La fase siguiente (fase 4), consistió en obtener una síntesis de los resultados obtenidos, así como las conclusiones generales sobre el grado de impacto que causa cada caso elegido, y las medidas correctoras que habría que efectuar de cara a disminuir los impactos ambientales detectados. Este

último extremo se ha considerado como especialmente importante desde el punto de vista didáctico en tanto cada alumno puede evaluar que tipo de actuaciones causan mayores impactos sobre el medio y como podrían ser atenuados sus efectos. Los principales datos obtenidos, además de la documentación gráfica obtenida en el trabajo de campo, fueron incluidos en un informe final elaborado por cada grupo, así como una autoevaluación y un debate en clase sobre los métodos de estudio empleados, limitaciones de los mismos, y validez operativa de las conclusiones obtenidas.

Finalmente (fase 5), y dadas las importantes conclusiones obtenidas en este trabajo, así como el carácter inédito de los datos, fué planteada por la

ACCIONES DE ORIGEN ANTRÓPICO	FACTORES AMBIENTALES
1-Introducción de flora / fauna exótica	GEOSFERA
2-Repoblación forestal	1-Recursos minerales y energéticos
3-Caza y pesca	2-Estabilidad de laderas
4-Granjas y ganadería	3-Suelos
5-Modificación del suelo	4-Erosión
6-Modificación de la red hidrológica	5-Paisajes
7-Tratamientos químicos del suelo	ATMÓSFERA
8-Explotación forestal	6-Microclima
9-Extracciones	7-Calidad del aire
10-Emisiones gaseosas	HIDROSFERA
11-Voladuras, perforaciones y excavaciones	8-Rios, arroyos, lagos y lagunas
12-Vertidos y vertederos	9-Acuiferos
13-Explosiones, escapes y fugas	10-Costas
14-Reciclado de residuos	11-Inundaciones
15-Ruidos y vibraciones	12-Eutrofización
16-Almacenamientos	13-Salinización
17-Carreteras, caminos y canales	BIOSFERA
18-Canteras y túneles	14-Vegetación
19-Cables, tendidos y líneas	15-Herbívoros
20-Barreras, presas y diques	16-Carnívoros
21-Industrias	17-(Super)depredadores
22-Minería	18-Especies en peligro
23-Urbanizaciones	19-Cadenas alimentarias
	ANTROPOSFERA
	20-Redes de comunicaciones
	21-Agricultura
	22-Zonas industriales
	23-Zonas comerciales
	24-Zonas residenciales
	25-Zonas recreativas
	26-Espacios culturales
	27-Reservas y espacios naturales
	28-Salud y seguridad
	29-Empleo

Tabla V. Estos elementos o parámetros se pueden situar sobre el modelo de matriz de evaluación de impacto ambiental que se incluye en este monográfico.

dirección del centro una exposición interna del estudio, por parte de los propios alumnos hacia otros compañeros. En este acto, los alumnos tuvieron la oportunidad de exponer las conclusiones de su trabajo, con la consiguiente expectación y autovaloración de su esfuerzo.

Esta última actividad se ha valorado de manera especialmente positiva desde el punto de vista pedagógico, al mostrar la aplicación real y efectiva que puede suponer el desarrollo de un trabajo con proyección científica.

RESULTADOS OBTENIDOS Y VALORACIÓN CIENTÍFICA

Los principales resultados del estudio aparecen reflejados en Tabla VI. Después de ser establecidos estos datos, las conclusiones finales destacadas por parte de los propios alumnos fueron estas:

1-La mayor parte de impactos ambientales producidos por efecto de acciones humanas repercuten en mayor medida sobre elementos de la Biosfera.

2-Otro de los factores medioambientales que sufren mayor incidencia de las acciones humanas son, curiosamente, los elementos de la Antroposfera.

3-El método de evaluación de impacto ambiental mediante matrices permite una detección fácil y precisa de las acciones humanas más peligrosas sobre el medio ambiente, así como la comparación de los elementos naturales que sufren las consecuencias más negativas de estas acciones.

EVALUACIÓN DIDÁCTICA

Desde una perspectiva científica, la valoración de estos resultados puede considerarse muy positiva. De este modo, el planteamiento de datos sobre impactos ambientales reales desde una perspectiva cuantitativa y la deducción de posibles medidas correctoras sobre las acciones causantes de impactos determinadas, hace de este trabajo un documento científico-técnico a tener en cuenta. Desde un punto de vista relativo, el hecho de que

este trabajo haya sido realizado por alumnos de Bachillerato, hace que su valoración sea especialmente positiva, en tanto demuestra que el seguimiento sistemático de una metodología de trabajo sencilla puede conseguir resultados finales satisfactorios.

Una vez finalizado el estudio, fué realizada una encuesta a los alumnos participantes sobre el grado de asimilación de conocimientos adquiridos, así como una valoración personal sobre el trabajo llevado a cabo (Tabla VI). Los resultados obtenidos sobre estos dos factores, reflejaron un grado medio de conocimientos y aceptación de notable y sobresaliente, de modo respectivo.

Además de la propia valoración positiva de los alumnos, pudo ser constatada una progresión general frente a estrategias procedimentales y actitudinales, hecho este difícil de alcanzar normalmente. Esta progresión procedimental y actitudinal se concretó a partir del desarrollo de una serie de habilidades relacionadas con el trabajo de campo y laboratorio efectuados, así como por la valoración personal sobre la importancia de mantener un entorno natural adecuado. Por otra parte, cabe tener en cuenta la actitud asociada a una actividad con una cierta componente “profesional”, tal y como fué planteada por el profesor durante los objetivos generales.

Además de estas consideraciones, hay que tener en cuenta los factores psicopedagógicos asociados al planteamiento y ejecución de una actividad realmente investigadora sobre una temática muy cercana en el tiempo y el espacio a cada alumno, además del reconocimiento de este trabajo por parte del profesor y otros compañeros, durante la presentación del estudio en el centro.

Finalmente, cabe subrayar la dinámica docente interactiva asociada al desarrollo de este trabajo, donde la relación profesor-alumno se ve transformada hacia un contexto “profesional”, hecho este recomendable en cursos terminales de la educación secundaria, en tanto supone un acercamiento a las actitudes y procedimientos del mundo laboral y la enseñanza universitaria.

Vertedero de residuos sólidos:

Las acciones de mayor impacto sobre el medio consisten en la modificación del suelo natural y el depósito y almacenamiento de residuos sólidos, seguida de la existencia de barreras artificiales, modificación de la red hidrológica, emisiones gaseosas y vías de acceso. Los impactos más graves de este vertedero se producen sobre elementos de la Biosfera, seguidos de los elementos de la Antroposfera (espacios naturales y zonas recreativas), Hidrosfera y Atmósfera. Las medidas correctoras propuestas consistirían en disminuir el volumen de almacenamiento de residuos a través de soluciones alternativas (planta de reciclaje).

Restaurante de la playa:

Las acciones de mayor impacto sobre el medio son numéricamente menores que en el caso anterior, destacando la urbanización del edificio, la presencia de vertidos y la modificación del suelo. Estos impactos inciden sobre todo en elementos de la Biosfera y la Antroposfera, seguidos por elementos de la Hidrosfera (costas) y el paisaje de la zona. Las medidas correctoras propuestas consistirían en eliminar el problema de vertidos y disminuir el impacto causado por los ruidos, cables y barreras arquitectónicas.

Tabla VI. Principales conclusiones obtenidas por los alumnos sobre la evaluación de impactos ambientales llevada a cabo.

ENCUESTA SOBRE ASIMILACIÓN DE CONCEPTOS Y VALORACIÓN GENERAL DEL ESTUDIO

CONCEPTOS

- 1-¿Que elementos medioambientales suelen sufrir en mayor medida los impactos de origen antrópico?.
- 2-¿Que medidas correctoras pueden ser más eficaces de cara a reducir los impactos de una construcción en la playa?.
- 3-¿Que limitaciones presenta la evaluación de impactos ambientales a partir de matrices?.
- 4-¿Cuales son las fases de un análisis de evaluación de impacto ambiental?.

VALORACION PERSONAL. Puntua de 0 a 5 los siguientes factores:

- Grado de atractivo de la actividad
- Trabajo en equipo realizado
- Aprendizaje de nuevas técnicas de estudio medioambiental
- Grado de conocimiento que te ha supuesto sobre tu entorno local
- Valoración global

Tabla VII. Encuesta de evaluación didáctica efectuada.

BIBLIOGRAFIA

Calvo, D.; Molina, M.T. y Salvachúa, J. (1996): Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente (2º Bachillerato LOGSE). Ed. Mc Graw-Hill. Madrid. 333 pp.

García Aguilar, J.M. (1995): Riesgos naturales: las inundaciones. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. 6: 51-58

García Aguilar, J.M. (1996): La evolución del entorno medioambiental: una propuesta didáctica para Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (Extra)*: 73-77.

García Aguilar, J.M. (1998): Ideas sobre la realización de actividades prácticas en Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (en prensa)*.

García Aguilar, J.M. y Pérez López, M.D. (1994): Los Riesgos Naturales: una alternativa didáctica para el estudio de los fenómenos geológicos externos en la enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (Extra)*: 114-117.

Escarré, A. *et al.* (1997): Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente (2º Ciencias de la Naturaleza y de la Salud). Ed. Santillana. Madrid. 303 pp.

Leopold, L.B. (1971): A procedure for evaluating environmental impact. *Geol. Surv. USA*. Circular 645. Washington D.C.

MOPT (Ministerio de Obras Públicas y Transportes). 1992: Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Madrid. 809 pp. ■