

GESTIÓN DE CONOCIMIENTO APLICADO A EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE ONTOLOGÍAS.

Julián Garrido ^a Ignacio Requena ^b

^a Universidad de Granada, jgarrido@decsai.ugr.es

^b Universidad de Granada, requena@decsai.ugr.es

Abstract

Environmental impact assessment (EIA) analyses the effects of human activities in environment. The analysis must be done prior to the project execution because of the EIA has a preventive nature. Using information technologies could entail an improvement in the EIA procedures, so that knowledge organization is required. The objective of this paper is to contribute to solve the knowledge management problem in EIA with an specific ontology. Ontologies are conceptualizations based on logic like first order logic. An ontology makes easier dealing with data and other countries where different terminologies are used because the terminology can be unified. Moreover, the ontology can be used like reference knowledge for environmental experts who are working in this area.

Keywords: Ontology, EIA, environmental impact, knowledge management, OWL

JEL Code: C69, K32

Resumen

La evaluación de impacto ambiental (EIA) analiza los efectos de la actividad humana en el medio ambiente antes de la puesta en marcha de un proyecto puesto que tiene una naturaleza preventiva. La incorporación de las tecnologías de la información puede mejorar los procedimientos de la EIA pero a su vez requiere una adecuación de la estructura del conocimiento. El propósito de este trabajo es presentar una ontología para resolver el problema de la gestión de conocimiento en la EIA. Una ontología es una conceptualización basada en lógicas como la de primer orden cuyo uso permite la mejora del manejo de la información y además proporciona un mecanismo para unificar las diferentes terminologías de los distintos países. La ontología también puede ser usada a su vez como fuente de consulta y referencia, puesto que contiene y define los conceptos relativos a la EIA.

Palabras clave: Ontología, EIA, impacto ambiental, gestión de conocimiento, OWL

Código JEL: C69, K32

1. INTRODUCCIÓN

Una Evaluación de impacto ambiental (EIA) bien elaborada previa a la ejecución de proyectos o a la puesta en marcha de actividades potencialmente contaminantes, implica una mejor toma de decisiones en ámbitos como la ordenación del territorio, la autorización y clausura de instalaciones e industrias y la designación de las medidas preventivas y correctoras a tomar.

Los procedimientos habituales de evaluación de impacto ambiental (EIA) se pueden mejorar mediante la incorporación de técnicas avanzadas de gestión de conocimiento y tratamiento de la información. Como paso previo a la creación de herramientas, es necesaria la obtención del conocimiento inherente a la EIA. Una ontología permite explicitar el conocimiento formalmente de manera que esta explicitación se puede utilizar para obtener una terminología común.

A continuación se describe brevemente la evolución que ha seguido la EIA a lo largo del tiempo, seguido de la problemática de la EIA entorno a la información. En la sección 2 se describen algunos de los mecanismos que las administraciones han instaurado para preservar el medio. La sección 3 amplía la definición y uso general de las ontologías particularizando finalmente en el caso de la EIA. La sección 4 desarrolla el diseño y contenido de la ontología y finalmente, se incluyen las conclusiones y referencias.

1.1. LA EVOLUCIÓN DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL

Como una primera aproximación, podemos entender el término evaluación ambiental, en un sentido amplio, como todo esfuerzo por conocer el estado del medio ambiente, en sí mismo y en su interacción con el ser humano. No obstante, esta definición abarca realmente muy diversas metodologías, cada una con objetivos, alcances y ámbitos propios.

Las primeras evaluaciones ambientales datan de finales de los 60. De aquellas primeras evaluaciones a las actuales ha habido un cambio importante en el propósito de la evaluación, los métodos empleados y la concepción misma de lo que es el medio ambiente. Esta evolución ha ido de la mano de una mayor comprensión de las relaciones e interacciones de los distintos componentes medioambientales, una mayor toma de conciencia sobre la importancia de proteger el medio ambiente, una mayor presión social a ese mismo respecto, y una legislación cada vez más exigente.

Las primeras evaluaciones ambientales centraron su atención en prever el efecto de una acción humana concreta sobre el medio ambiente. Estas evaluaciones de impacto ambiental se constituyeron en la herramienta básica para alertar sobre los posibles daños medioambientales que acciones humanas concretas (proyectos) podrían generar.

La siguiente generación de evaluaciones ambientales desembocó en la noción de Sistemas de Gestión Medioambiental, con su modelo paradigmático, la Norma ISO 14001. Estos sistemas están orientados a la incorporación en las industrias (y en general en las organizaciones) de

procedimientos documentados para la prevención y atención de daños medioambientales.

Posteriormente, la directiva sobre prevención y al control integrado de la contaminación (2008) somete a autorización a determinadas actividades industriales y agrícolas potencialmente contaminantes. De este modo se fomenta la prevención y reducción de la contaminación por parte de las empresas.

Una de las tendencias actuales consiste en incorporar nuevas tecnologías como los sistemas de información geográficos o utilizar técnicas avanzadas de las tecnologías de la información como son el uso de la aritmética difusa o la computación por palabras.

1.2. PROBLEMÁTICA DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL

Pese a la gran variedad de clases de evaluaciones ambientales existentes, hay algunos aspectos comunes que se pueden catalogar como característicos (Conesa 2000, Gómez 2003, Garmendia *et al.* 2005).

Un estudio de impacto ambiental es un informe o documento que contiene una predicción de la repercusión de un proyecto sobre el entorno y como tal, la incertidumbre estará presente en algunos parámetros.

Los factores ambientales son muy diferentes entre sí, y por lo tanto es difícil agregar las distintas informaciones para obtener un análisis global.

Las variables involucradas tienen naturaleza heterogénea, siendo algunas numéricas (variables cuantitativas) y otras no (variables cualitativas). Los valores asignados a las variables numéricas no son siempre exactos. Los valores lingüísticos asignados a las variables

cualitativas tampoco son perfectos, normalmente por alguna de las siguientes causas.

- No hay homogeneidad de criterios sobre cuáles son los valores lingüísticos que puede tomar la variable.

- El significado de los valores lingüísticos no es suficientemente claro (ambigüedad).

- El concepto emitido por dos expertos diferentes no es coincidente.

Los primeros problemas presentados pueden manejarse mediante la combinación de aritmética difusa (Buckley y Eslami 2002) y la computación por palabras, ya que permite manejar la incertidumbre y usar de manera conjunta variables de naturaleza heterogénea (Duarte *et al.* 2003, Duarte *et al.* 2006).

Los problemas de las variables cualitativas pueden solucionarse mediante el uso de las ontologías (ver sección 3). Permiten definir con un lenguaje formal y estandarizado los conceptos, por lo que el significado de un valor lingüístico quedaría perfectamente definido (sin ambigüedad) y se sabrá que dos personas o entidades cualesquiera han utilizado los mismos conceptos, indicando únicamente la ontología de referencia. La ontología es, por tanto, una herramienta que permite alcanzar uniformidad en los conceptos usados en el campo de la EIA, fijando una terminología común o notación abierta a la comunidad.

En general, en la literatura se puede ver multitud de ejemplos en los que el uso de las tecnologías de la información mejoran los resultados obtenidos y permiten afrontar problemas de alta complejidad mediante diseño y desarrollo de bases de datos, modelos, sistemas de clasificación o sistemas expertos, entre otros (Basu *et al.* 2008, Liu *et al.* 2009).

2. HERRAMIENTAS DE PRESERVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD

La sociedad está cada vez más concienciada y poco a poco se está dotando a las administraciones de más herramientas para preservar el medio que nos rodea. Estas herramientas tienen como principal objetivo la prevención de los impactos ambientales, su mitigación o su corrección en el peor de los casos. Dichas herramientas consisten en procedimientos o legislación. A continuación se describen algunos ejemplos de interés.

La evaluación ambiental estratégica desarrollada por la directiva 2001/42/CE relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente tiene como objetivo proteger el medio ambiente e integrar aspectos medioambientales en la preparación de adopción de planes y programas, garantizando una evaluación medioambiental de los planes y programas que puedan tener efectos significativos en el medio ambiente. Esta ley se lleva al marco legislativo nacional mediante la ley 9/2006, que recibe el mismo nombre.

En su artículo 3 la directiva indica por ejemplo que esta ley es de aplicación a la ordenación del territorio urbano y rural que tiene como competencia establecer los usos del suelo, permitiendo fomentar el desarrollo económico, gestionar de manera responsable los recursos naturales y proteger el medio.

La directiva europea relativa a la prevención y al control integrado de la contaminación (IPPC) (Directiva 2008) y las leyes que la desarrollan, proporcionan un mecanismo para prevenir la contaminación de una serie de industrias y actividades agrícolas que se etiquetan

como actividades con alto potencial contaminante.

Esta directiva proviene de la anterior directiva IPPC (96/61/CE) que se incorporó al marco legislativo nacional mediante la Ley 16/2002 de prevención y control integrados de la contaminación. El enfoque integrado que se estableció en la Ley 16/2002 se incorporó en Andalucía por ejemplo en 2007 a su legislación autonómica de gestión integrada de calidad ambiental (GICA) (Ley 2007), que obliga en muchos casos a realizar una evaluación de impacto ambiental previa a la autorización de puesta en marcha de una actividad que pueda dañar el medio ambiente.

La directiva europea sobre responsabilidad medioambiental (Directiva 2004), que fija el marco y establece medidas para que aquellos que produzcan el daño medioambiental sean responsables jurídica y económicamente. Esto conlleva un incremento de esfuerzos para el autocontrol y para la implantación de medidas preventivas junto con el uso de evaluaciones de riesgo de impacto ambiental. Esta directiva tiene su transposición al ordenamiento jurídico español en la Ley 26/2007.

3. DEFINICIÓN Y APLICACIÓN DE LAS ONTOLOGÍAS

Existen diversas definiciones de ontología, pero una definición sencilla es la dada por Colomb: una ontología es un cuerpo de conocimiento formalmente representado que está basado en la conceptualización de objetos, conceptos y otras entidades que existen en el área de interés, junto con las relaciones que los unen. Siendo una ontología una representación explícita de una conceptualización (Colomb 2006).

Dependiendo del contexto en el que se usen, las ontologías proporcionan una forma de compartir el conocimiento utilizando un vocabulario común, permiten el etiquetado semántico o el intercambio de conocimiento, dan un protocolo de comunicación, posibilitan la reutilización de conocimiento o permiten descripciones semánticas, lógicas y formales. Su uso se ha extendido a campos como la ingeniería del conocimiento, inteligencia artificial y ciencias de la computación, procesamiento del lenguaje natural, representación del conocimiento, sistemas de información cooperativos, comercio electrónico, bioinformática, diseño e integración de bases de datos, integración inteligente de información, recuperación de información y gestión del conocimiento.

Una ontología está formada por propiedades, clases e instancias. Las propiedades son relaciones creadas para poder aportar semántica a las clases. Las clases se corresponden con los conceptos del mundo real y pueden contener definiciones explícitas mediante axiomas compuestos por propiedades que relacionan al concepto definido con otros conceptos o instancias existentes en la ontología. Las instancias son individuos concretos de una clase.

A continuación se muestra un ejemplo sencillo mediante una sintaxis simplificada con dos conceptos, dos individuos y una propiedad que los relaciona.

En primer lugar se define la clase Provincia y la clase País. A continuación un individuo para el concepto País y dos para el concepto Provincia y finalmente la propiedad tieneCapital cuya semántica indica que un país tiene una determinada capital.

En la definición formal del concepto País se incluye su relación tieneCapital con la clase

Provincia, de modo que para las instancias de la clase País se puede definir su capital indicando que instancia concreta de la clase Provincia es su capital.

Clase: Provincia

Clase: País (tieneCapital Provincia, ...)

Instancia de País: España (tieneCapital Madrid, ...)

Instancia de Provincia: Madrid

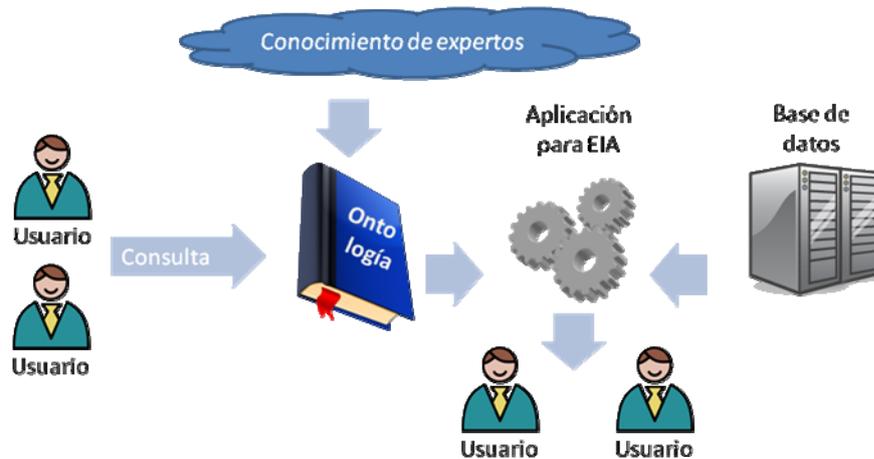
Instancia de Provincia: Granada

Propiedad: tieneCapital (dominio: País, rango: Provincia)

La W3C (Consortio World Wide Web) recomienda usar el lenguaje OWL (Ontology Web Language) para la creación de ontologías. Este lenguaje tiene varias modalidades que se diferencian en el nivel de expresividad que poseen. Dependiendo de los requerimientos se usa uno u otro, pero habitualmente se utiliza el equivalente a la lógica de primer orden debido a su relación expresividad y complejidad. Esto es así debido a que cuanto mayor expresividad tiene el lenguaje, más tiempo se necesita para realizar razonamiento sobre el conocimiento definido en la ontología.

Existe muchos tutoriales y bibliografía acerca de las ontologías, como por ejemplo los tutoriales para no iniciados que se encuentran en la web de Protégè, que es un entorno que permite crear ontologías mediante una interfaz gráfica evitando la sintaxis de OWL (Noy y McGuinness 2005). También se pueden encontrar libros de referencia que describen detalladamente las aplicaciones de las ontologías y la forma de usarlas (Staab y Studer, 2004).

Figure 1: Visión general del uso de la ontología.



En concreto, la ontología para EIA recoge la terminología y determina el marco conceptual de este campo de trabajo para facilitar la estructuración y desarrollo de metodologías. Una ontología es un conocimiento que debe ser consensuado, ya que está pensada para ser usada por un grupo de personas o entidades. De modo que se ha de establecer un acuerdo en que conceptos y relaciones son incluidos.

El uso de ontologías permite representar el conocimiento específico y los procesos necesarios en la EIA de forma compatible con otros usuarios. Permite homogeneizar (hacer coherente o compatible) la estructura de los datos a considerar, y sobre todo, la información que se considera en cada actividad. Se consigue por tanto una estructura única de representación de la información que contiene el conocimiento inherente a las diferentes actividades. En resumen, proporciona una base común a diferentes visiones sobre un área de conocimiento.

Puesto que la idea fundamental es compartir conocimiento, inicialmente usaremos la ontología para especificar la conceptualización de la EIA, como concepto global independiente de la actividad a que se refiera. Pero si nos referimos a un posible software que la utilice, será también

una descripción de los conceptos y relaciones que existen para un agente o una comunidad de agentes (Martin *et al.* 1999). El desarrollo de la ontología será útil para compartir conocimiento, entre personas o entre agentes software, sobre la estructura de la información, y para permitir reutilizar el conocimiento sobre el dominio y hacer explícitas las afirmaciones sobre él.

De acuerdo con la figura 1, la utilidad de la ontología puede ser la mera consulta y referencia por parte de usuarios como base de conocimiento durante el desarrollo de sus propias metodologías de EIA o su uso como base de conocimiento para aplicaciones informatizadas relacionadas con la EIA. Se obtiene, por consiguiente, una representación homogénea del conocimiento inherente al proceso de EIA, sea cual sea la actividad que se analiza, sea cual sea la metodología que se considere.

La definición formal de los conceptos puede aportar información de utilidad para el experto, como por ejemplo, los impactos ambientales que produce una determinada acción, los factores ambientales a los que afectan estos impactos o las medidas e indicadores ambientales que se utilizan para cuantificarlos.

Existe gran cantidad de listas de acciones en la bibliografía, en parte debido al auge que tuvieron las matrices causa efecto, en la que una componente son las acciones o actividades del proyecto y la otra los factores ambientales que se tienen en cuenta en el estudio.

La clase acciones se subdivide en un primer nivel en las clases: alteración de suelos, cambios de tráfico, fabricación, transformación del suelo y construcción, modificación del régimen, renovación de recursos, extracción de recursos, tratamiento químico, tratamiento de residuos y acumulación de residuos.

La clase NaturalProcess (Proceso natural) no incluye acciones impactantes por sí solas, pero sí cuando se combinan o interactúan con las acciones humanas. Se divide en riesgo hidrológico, riesgo tecnológico, riesgo atmosférico, riesgo geológico y riesgo biológico.

IndustrialActivities-IPPC (Actividades industriales - IPPC):

De acuerdo con la RAE (Real Academia de la Lengua Española), industria es el conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales. Las actividades industriales forman un sector con una problemática propia desde el punto de vista ambiental y de gran importancia en la EIA.

Los expertos consultados insistieron en que la clasificación de las actividades industriales que se reflejara fuera la de la directiva europea 2008/1/CE (IPPC).

Según (Directiva 2008), las actividades industriales se agrupan en industria química, industria energética o de combustión, industria mineral, producción y transformación de metales, gestión de residuos y otras industrias que no se pueden agrupar con las anteriores como son las

instalaciones de eliminación de desechos, la cría intensiva, la fabricación de papel y cartón, el tratamiento previo o tinte de textiles, la fabricación de carbono, la fabricación de pasta de papel, los mataderos, el tratamiento de superficies, el curtido de cueros, fabricación de productos alimenticios y el tratamiento y la transformación de la leche.

Impact (Impacto):

La norma ISO 14001 define el impacto medioambiental como cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o beneficioso, resultante en todo o parte de las actividades, productos y servicios de una organización (Block, 2000).

Esta clase incluye los impactos más comunes. Los impactos están agrupados por los elementos del medio a los que afectan. Impactos sobre la tierra, el paisaje, el hábitat, la atmósfera, el agua, los procesos geofísicos y los impactos socioeconómicos.

PreventiveAction (Acción preventiva):

Este concepto se corresponde con las medidas preventivas (sistemas de seguridad, funcionalidad, existencia de redundancias, procedimientos, alarmas, actividades de mantenimiento preventivo, etc.) con las que se cuenta, para atenuar la probabilidad de ocurrencia y el efecto de un posible accidente (UNE 2008).

IndicatorsAndMeasureUnits (Indicadores y unidades de medida):

Los indicadores (Canter 1998) se refieren a medidas simples de factores o especies biológicas, bajo la hipótesis de que estas medidas son indicativas del sistema biofísico o socioeconómico. Un indicador ambiental (Garmendia *et al.* 2005) es un factor ambiental que transmite información sobre el estado del ecosistema del que forma parte o de alguna

característica del mismo. También se utilizan indicadores biológicos, por ejemplo, plantas como indicadores de las condiciones del agua y del suelo. Un organismo indicador es una especie seleccionada por su sensibilidad o tolerancia a los diversos tipos de contaminación y sus efectos (Canter 1998).

El indicador de un factor se puede ver con la expresión por la que es capaz de ser medido. En algunos casos, el factor sólo será cuantificable de manera indirecta, mediante un modelo (Conesa 2000). Los indicadores de impacto ambiental ayudan a identificar y valorar los impactos.

Los indicadores se pueden clasificar desde un punto de vista práctico como indicadores de alarma o aviso, indicadores de sensibilidad e indicadores de integración (Garmendia *et al.* 2005).

ImpactedElement (Elemento susceptible de impactado):

Los elementos del medio, son los que se ven afectados por los impactos ambientales.

La legislación nacional, en el Real Decreto 1/2008, da una relación de factores que deben considerarse en las evaluaciones de impacto ambiental. Según éste, el medio ambiente sería el sistema constituido por el hombre, la fauna, la flora, el suelo, el agua, el aire, el clima, el paisaje, las interacciones entre los factores anteriores, los bienes materiales y el patrimonio cultural (Gómez 2003).

No existen grandes diferencias entre las clasificaciones de los distintos autores. Esto ha permitido que no se haya seguido una clasificación concreta, sino que se hayan integrado distintas clasificaciones para obtener una más completa y estructurada.

Todos los elementos del medio que se han contemplado se agrupan en superficie de la tierra,

paisaje, procesos, seres vivos, agua, hábitat, atmósfera y elementos socioeconómicos.

ImpactAssessment (Valoración del impacto):

Esta clase contiene las valoraciones para los impactos. Esta valoración está contemplada dentro del proceso de la EIA y se plasma en el informe técnico a la hora de hacer el estudio de impacto ambiental. Las valoraciones posibles que se contemplan son las descritas en (Real Decreto 1988).

ContaminantElement (Elemento contaminante):

De acuerdo con (Directiva 2000, Directiva 2008), los elementos contaminantes son aquellos que puedan, como consecuencia de la actividad humana, tener efectos perjudiciales para la salud humana o la calidad del medio ambiente, o que puedan causar daños a los bienes materiales o deteriorar o perjudicar el disfrute u otras utilidades legítimas del medio ambiente.

Esta clase incluye sustancias que se consideran contaminantes, como pueden ser aguas ácidas de minas, radionúclidos artificiales, reactivos químicos, lixiviados, lodos, contaminantes atmosféricos y sustancias prioritarias para el medio acuático según la legislación europea.

Properties (Propiedades):

Dentro de la clase Properties se definen propiedades para el resto de la jerarquía de clases. Estas propiedades son características particulares que se relacionarán con el resto de clases mediante relaciones del tipo "tieneUnaPropiedad". Esto permite realizar las definiciones de los conceptos con más detalle, asignándoles de algún modo atributos o características.

Todas las propiedades provienen de las mismas fuentes de las que se han extraído las anteriores clasificaciones.

Otros conceptos generales:

La ontología contiene otros conceptos en el primer nivel de la jerarquía que no se van a detallar, pero sí citar. Estos son metodología, peligro ambiental, escenario, riesgo de desarrollo, riesgo, medidas reparadoras, medidas compensatorias, medidas complementarias, medidas de reparación primarias, evaluación de riesgo ambiental, evaluación de impacto ambiental, programa de vigilancia y control e identificación de impactos.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo describe el diseño de una ontología para la evaluación de impacto ambiental (EIA) con el propósito de crear una base de conocimiento accesible por expertos para su consulta y utilizar técnicas avanzadas de gestión de conocimiento en EIA, objetivo que requiere mejorar la estructuración de la información.

La ontología establece un marco conceptual y una terminología mediante definiciones formales que permiten solucionar el problema de la ambigüedad y por tanto permite asegurarse de que en diferentes sitios se utilicen los mismos conceptos.

Este uso de la ontología hace que se haya buscado que su contenido sea consensuado, razón por la cual está disponible en la web <http://arai.ugr.es/eiadifusa>. Esta plataforma permite a usuarios realizar sugerencias, críticas o simplemente explorarla y consultarla.

Con el fin de obtener un resultado con el suficiente rigor científico para que la ontología

pueda ser utilizada, ha sido revisada por expertos en medio ambiente y su contenido se ha desarrollado teniendo en cuenta muchas fuentes, preferentemente por el siguiente orden: legislación y normativa europea, libros, legislación nacional o autonómica y por último informes técnicos o publicaciones internacionales.

La ontología propiamente dicha no es una herramienta que modifica los procedimientos de la EIA, si bien, está concebida para su utilización por expertos directamente como base de conocimiento de referencia. No obstante, la ontología también ha sido diseñada para que pueda utilizarse como ontología de dominio y base de herramientas informáticas de la EIA.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por los proyectos de la Junta de Andalucía P07-TIC-02913 y P08-RNM-03584.

Agradecimientos a los doctores Ángel Ramos y Montserrat Zamorano por sus comentarios sobre la ontología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Basu, D., Srivastava, R.K., Vaishya, R.C. (2008), *An assessment of air pollution impact for an Indian highway project: A GIS based approach*. Management of Environmental Quality, 19 (5), pp. 510-519.

Block, M. (2000), *Identifying Environmental Aspects and Impacts*, ASQ Quality Press, 2000.

Buckley, J. J., Eslami, E. (2002), *An Introduction to Fuzzy Logic and Fuzzy Sets*. Advances in Intelligent and Soft Computing. Physica-Verlag Heidelberg. 2002.

Canter. L. (1998), *Evaluación de impacto ambiental*, McGraw-Hill, 1998.

Colomb, R. (2006), *Formal versus material ontologies for information systems interoperation in the semantic web*. Computer Journal, 49:4-19.

Conesa, V. (2000), *Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*, Mundi-Prensa, 2000.

Directiva (2000); *Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de Octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas* (DO L 327 de 22.12.2000, p. 1-73).

Directiva (2004); *Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales* (DO L 143, 30.4.2004, p. 56-75).

Directiva (2008); *Directiva 2008/1/CE del Consejo de 15 de enero de 2008 relativa a la prevención y*

al control integrados de la contaminación (DO L 24, 29.1.2008, p. 8-29).

Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., Garmendia, L. (2005), *Evaluación de Impacto Ambiental*. Pearson Educación, 2005.

GCMD ontology, *Semantic Web for Earth and Environmental Terminology*.

<http://sweet.jpl.nasa.gov/ontology>.

Gómez, D. (2003), *Evaluación de impacto ambiental: un instrumento preventivo para la gestión ambiental*. Mundi-Prensa, 2003.

Duarte, O., Delgado, M., Requena, I. (2003), Algorithms to extend crisp functions and their inverse functions to fuzzy numbers. International Journal of Intelligent Systems 18 pp. 855-876

Duarte, O., Delgado, M., Requena, I. (2006), *An arithmetic approach for the computing with words paradigm*. International Journal of Intelligent Systems 21 pp. 121-142.

Ley (2007), *Ley 7/2007 de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental* (BOE núm. 190, de 9 de agosto de 2007).

Liu, K. F. R., Liang, H. H., Yeh, K., Chen, C. W. (2009), *A Qualitative Decision Support for Environmental Impact Assessment Using Fuzzy Logic*. Journal of Environmental Informatics, 13 (2), pp. 93-103.

Martin, D., Cheyer, A., Moran, D. (1999), *The Open Agent Architecture: A Framework for Building Distributed Software Systems*. Applied Artificial Intelligence, 13(1-2):92-128.

Noy, N. F., McGuinness, D. L. (2005), *Guía para crear tu primera ontología*. Stanford University. <http://protege.stanford.edu>

Real Decreto (1988); *Real Decreto 1131/1988 por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación del Impacto Ambiental* (BOE núm. 239, de 5 de octubre de 1988).

Smith, K. (2002), *Environmental Hazards, Assessing risk and reducing disaster*, Routledge, 2002.

Staab, S., Studer, R. (2004), *Handbook on Ontologies*, Springer, 2004.

UNE (2008), UNE 150008, Análisis y evaluación del riesgo ambiental.