

# Nuevas oportunidades para la Universidad: Educación para el Desarrollo Sostenible a través de la lógica borrosa

## Raquel Caro

Dept. Organización Industrial  
Universidad Politécnica de  
Comillas  
rcaro@doi.icai.upcomillas.es

## Adela Salvador

Dept. Matemática e Informática  
aplicadas a la Ingeniería Civil  
ETSI Caminos  
Universidad Politécnica de  
Madrid  
ma09@caminos.upm.es

## Alfonso Garmendia

Dept. Ecología  
ETS del Medio Rural y Enología  
Universidad Politécnica de  
Valencia  
algarsal@upvnet.upv.es

## Resumen

La decisión de la Asamblea General de las Naciones Unidas de establecer el periodo 2005-14 como la *Década por la Educación para el Desarrollo Sostenible* ofrece a los grupos universitarios comprometidos con la Educación Ambiental una ocasión para redoblar sus esfuerzos docentes e investigadores, consolidando un modelo educativo cuyos principales elementos se encuentran en sintonía plena con el paradigma del desarrollo sostenible.

La Universidad, por su función social más genuina, tiene la misión de contribuir a la construcción de sociedades progresivamente más sostenibles, es decir, cada vez más humanas, solidarias, equitativas y justas. En este sentido, y desde el punto de vista del diseño curricular en las titulaciones de Ingeniería que se imparten en las universidades, este trabajo proporciona un enfoque nuevo al introducir al alumnado en los criterios de evaluación de proyectos, con especial énfasis en los impactos sociales, ambientales y económicos de los mismos en el desarrollo local, regional o nacional a través de la definición e identificación de indicadores de sostenibilidad evaluados mediante la lógica borrosa. La utilización de esta herramienta se justifica por el manejo de información incompleta, imprecisa e inconsistente.

## 1. Introducción

Una magnífica forma de enseñar los fundamentos de la lógica borrosa es a través de las aplicaciones. La formalización de un modelo que la utilice y determine si un proyecto es o hasta que punto es

sostenible es una innovadora aplicación de la lógica fuzzy.

La Educación para el Desarrollo Sostenible y el aprendizaje de la lógica borrosa se mezclan en este trabajo. Los indicadores de la sostenibilidad social, económica y medio ambiental en ocasiones vienen dados en magnitudes medibles totalmente objetivas, pero en otras ocasiones, el gran número de variables, la falta de conocimiento, la inconsistencia, la información incompleta o imprecisa aconseja el uso de las técnicas de la lógica borrosa para ayudar a la decisión de si un proyecto dado es sostenible y si no lo es, cómo, corrigiendo qué impactos, se puede conseguir que lo sea.

Por tanto este trabajo tiene la finalidad de proponer un procedimiento sistemático de la evaluación de un proyecto a través de una metodología que puede ser útil para la enseñanza y que recoge de manera adecuada dos aspectos: el desarrollo sostenible y la lógica borrosa.

## 2. Dimensiones principales del desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible se define como “el desarrollo que cubre las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para cubrir sus propias necesidades”. El término “desarrollo sostenible” representa ese balance entre la satisfacción de las necesidades actuales y las futuras, ofreciendo alternativas de crecimiento tecnológico y social que reduzcan los riesgos que suponen las tendencias de crecimiento actual.

La idea de sostenibilidad se puede contemplar desde tres perspectivas: ambiental, social y económica [17]. Estos tres puntos de vista son básicamente coincidentes en su fin último, pero aportan visiones complementarias para conseguirlo, siendo en la confluencia y equilibrio entre ellos donde se alcanza el desarrollo sostenible. La sostenibilidad ambiental persigue un crecimiento que sea respetuoso con el medio ambiente. Por otra parte, la sostenibilidad social se centra en las estrategias de justicia social en el mundo actual y con la vista puesta en las generaciones futuras. Por último, la sostenibilidad económica se ocupa de buscar un desarrollo económico más equilibrado y estable a largo plazo.

Es decir, la *Economía* pretende maximizar el bienestar humano dentro de las limitaciones del capital y las tecnologías existentes. La *Ecología* hace especial hincapié en preservar la integridad de los subsistemas ecológicos con el fin de asegurar la estabilidad del ecosistema mundial siendo sus unidades de cuenta físicas, no monetarias y, por último, la *Sociología* recalca que los agentes clave son los seres humanos, siendo su esquema de organización social fundamental para encontrar soluciones viables que permitan encontrar el desarrollo sostenible.

La interacción entre la sostenibilidad económica, ecológica y social supone plantearse la búsqueda de un equilibrio entre la eficiencia económica (asignación óptima), la equidad social (distribución óptima) y el respeto al medio ambiente.

Efectivamente, parece que ya hay un cierto consenso a nivel mundial de que la cuestión de la sostenibilidad empieza a ser una parte importante de la agenda política y estratégica de la gran mayoría de los países [14, 15]. El Protocolo de Kyoto y la Cumbre de Bali, impulsados ambos por los informes científicos del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) atestiguan esta preocupación a nivel mundial. Preocupación que denota una inquietud aún mayor sobre el futuro de nuestro planeta y sobre el legado que vamos a dejar a nuestros hijos.

En este sentido debemos asumir el reto y la oportunidad de ofrecer un modelo de desarrollo sostenible que haga compatible una dinámica de crecimiento económico, junto con el aumento de bienestar social y la mejora del medio ambiente.

Debe incorporarse la evaluación de los recursos naturales como parte del rendimiento económico. La explotación de los recursos naturales debe mantenerse en un nivel como mínimo constante, consiguiendo de esta forma alcanzar asimismo la sostenibilidad ambiental. Para poder considerar esto en el ámbito económico es necesario desarrollar indicadores del grado de impacto en la naturaleza de la actividad productiva. De esta forma podrá evaluarse el rendimiento conjunto, sin considerar exclusivamente factores económicos que pueden llevar a situaciones no sostenibles ambiental o socialmente.

### 3. Nuevas oportunidades para la Universidad

El concepto de sostenibilidad implica una nueva filosofía de la Economía porque introduce la compatibilidad medioambiental en la consideración del desarrollo económico. En este sentido, la Universidad ha de contribuir a consolidar definitivamente el modelo de la Educación Ambiental, desarrollando un modelo educativo transformador de la realidad y al servicio de todos los seres humanos y cuya finalidad sea formar ciudadanos conscientes y comprometidos con la sostenibilidad global del planeta.

Así, desde los años setenta la Educación Ambiental viene proponiendo y consolidando un modelo educativo cuyos principales elementos se encuentran en sintonía plena con el paradigma del desarrollo sostenible. Esta trayectoria cada día más reconocida socialmente, se ha visto potenciada con la decisión de la Asamblea General de las Naciones Unidas de establecer el periodo 2005-14 como la *Década por la Educación para el Desarrollo Sostenible*.

La Universidad tiene la misión de contribuir a la construcción de sociedades progresivamente más sostenibles, ofreciendo un modelo educativo contrastado, que garantice una educación de calidad para el desarrollo sostenible de nuestras sociedades [5]. El objetivo sería introducir al alumnado en los conceptos, herramientas y procesos lógicos que se requieren para la comprensión de los fenómenos económicos actuales generando comportamientos comprometidos y responsables. De este modo los estudiantes serán capaces de liderar proyectos que

tengan en cuenta el desarrollo sostenible e identificar oportunidades de desarrollo empresarial, ligadas a acciones de carácter económico y medioambiental. Tendrían una visión global e integrada de la problemática ambiental, los principales conceptos, criterios y distintas visiones de sostenibilidad, conocimiento de técnicas y de experiencias innovadoras de gestión ambiental.

Es importante también destacar la labor que la Universidad puede desempeñar en la formación de profesionales comprometidos con los valores de la sostenibilidad. Se plantea el estudio de criterios de evaluación de proyectos, con especial énfasis los impactos sociales y económicos de los proyectos en el desarrollo local, regional o nacional. Entre dichos impactos se encuentran los ambientales en su relación con objetivos generales de sostenibilidad.

#### 4. Evaluación de proyectos

Un *proyecto* surge como respuesta a una idea que busca la solución de un problema o la forma para aprovechar una oportunidad de negocios. Múltiples factores influyen en el éxito o fracaso de un proyecto. En general, podemos señalar que si el bien o servicio producido es rechazado por la comunidad, esto significa que la asignación de recursos adoleció de defectos de diagnósticos o de análisis, que lo hicieron inadecuado para las expectativas de satisfacción de las necesidades del conglomerado humano. Debido a esto, es indispensable evaluar un proyecto para poder decidir sobre la conveniencia de llevarlo a cabo. La evaluación social de proyectos persigue medir la verdadera contribución de los proyectos al crecimiento económico del país.

Tradicionalmente los estudios y *evaluación de proyectos* se realizan solo desde el punto de vista económico, sin embargo, esto en la actualidad ya no es suficiente, resulta de vital importancia también evaluar en qué medida el proyecto en cuestión, además de reportar un crecimiento *económico*, es capaz de representar un impacto *social* favorable y de no impactar de manera agresiva o desfavorable sobre los recursos del medio ambiente que emplea, lo que en otras palabras se resume a: evaluar *si el proyecto es sostenible* [11, 12]. Estas evaluaciones deben ser analizadas tanto en sus recursos naturales como

suelo, flora y fauna, como de contaminación del aire, agua, suelo, residuos y ruido, de valor paisajístico, de alteración de las costumbres humanas, de impacto sobre la salud de las personas..., además de su aspecto económico [13]. Constituyen instrumentos preventivos de gestión que permiten que las políticas sostenibles puedan ser cumplidas y se incorporen tempranamente en el proceso de desarrollo y toma de decisiones.

Son muchas las metodologías que se utilizan. Nosotros pretendemos realizar una simbiosis entre la metodología propuesta en [10] y las técnicas de manejo de la información borrosa ya que gran parte de los conceptos y de la información que se utilizan son *difusos* por su carácter impreciso. Los juicios de valor, especialmente con variables lingüísticas, son un claro ejemplo de información inconsistente. Por ejemplo, “la calidad del agua es buena” tiene diferentes interpretaciones según el interlocutor y con diferentes significados.

La caracterización de los *impactos* consiste en describir los impactos identificados y considerados significativos o notables<sup>1</sup>, según una serie de atributos, si bien es conocida la consideración de un *impacto ambiental* como la alteración, modificación o cambio de la calidad del medio ambiente producida por una actividad humana. Esta clasificación es subjetiva y el conocimiento puede ser incompleto. Por tanto, los problemas de escala y de incertidumbre van a estar presentes a la hora de determinar los efectos y los impactos ambientales que se producen debidos a una actividad concreta, sobre todo en el caso de los secundarios o los que se manifiestan a medio o largo plazo. Un impacto ambiental viene identificado por el efecto de una acción simple de una actividad sobre un factor ambiental y ambos elementos, acción y factor, deben quedar explícitos en la definición que se haga de él.

---

<sup>1</sup> Podemos considerar las siguientes definiciones incluidas en [10]:

“*Efecto ambiental notable: es aquel que es significativo y al que se considera un impacto ambiental. Es aquel que se manifiesta como una modificación del medio ambiente, de los recursos naturales, o de sus procesos fundamentales de funcionamiento...*”.

“*Efecto ambiental mínimo (despreciable): aquel que puede demostrarse que no es notable*”.

En este trabajo se trata de llevar a cabo una *evaluación de impacto social, económico y medio ambiental* es decir, identificar, predecir, valorar, prevenir o corregir y comunicar los efectos y los impactos producidos por una obra<sup>2</sup>, discriminando entre las distintas alternativas. La selección de los factores sociales, económicos y ambientales y de las acciones de la obra conducen a identificar los posibles impactos y para evaluar estos se cuenta con una serie de indicadores.

En el proceso de un estudio de impacto se pueden distinguir cuatro bloques de procesos bien diferenciados: identificación, valoración, prevención y comunicación.

El proceso de *identificación* de impactos partirá de una lista de factores ambientales con una asignación de pesos para cada factor prefijada. Cada tipo de obra consta de una lista de acciones, (las usuales para ese tipo de obra). Cada impacto y cada efecto ambiental viene dado por un factor impactado y por una acción impactante.

La metodología puede resumirse en los siguientes pasos [3, 4].

- a. Describir el medio mediante un conjunto de factores ambientales afectados por el proyecto.
- b. Describir el proyecto mediante un conjunto de acciones o actividades.
- c. Identificar los efectos que cada acción definida tiene sobre cada factor ambiental identificado.
- d. Discriminar entre efectos mínimos e impactos.

Los efectos mínimos ya no se valoran, mientras se deben valorar los impactos [7, 9]. Los efectos notables o impactos se clasifican a su vez en compatibles, moderados, severos y críticos<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Se podrían seleccionar cuatro tipos de obras: Vías de comunicación, que a su vez comprende carreteras, autopistas y autovías y vías férreas tanto usuales como de alta velocidad, Presas, Vertederos e incineración de residuos sólidos y Puertos Deportivos.

<sup>3</sup> Se podrían considerar las siguientes definiciones incluidas en [10]:

*“Impacto ambiental compatible: aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras”.*

*“Impacto ambiental moderado: aquel cuya recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las*

En el siguiente paso, la *valoración* de los impactos, se debe, en primer lugar, discriminar entre efectos mínimos e impactos. La valoración puede ser cualitativa o cuantitativa.

En la *valoración cualitativa* se evalúan, de forma subjetiva, una serie de cualidades de los impactos ambientales. Normalmente se utilizan las definidas por la legislación. Se obtiene un valor numérico que usualmente se denomina *importancia*.

Esta valoración cualitativa se realiza mediante una descripción lingüística de sus propiedades, tales como baja, media... para obtener un conocimiento cualitativo del impacto. Los pasos son:

1. Caracterizar cada impacto mediante la estimación de su importancia.
2. Calcular la importancia global del proyecto sobre el medio, usando las importancias obtenidas en el paso anterior.

En la *valoración cuantitativa* se mide la *magnitud* del impacto para lo que se utilizan indicadores numéricos que proporcionan una medida de la magnitud del impacto, que en un primer momento se obtiene en unidades heterogéneas, y que mediante las funciones de transformación se convierten en la magnitud en unidades homogéneas o comparables entre distintos tipos de impactos, lo que permite obtener una valoración numérica del impacto total producido por la obra, el proyecto o la alternativa, de forma que se puede comparar el impacto total de las diferentes alternativas, permitiendo seleccionar la que menor impacto negativo produzca. Es importante no sólo establecer la magnitud sino también el umbral a partir del cual

*condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo”.*

*“Impacto ambiental severo: aquel en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras, y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa un periodo de tiempo dilatado”.*

*“Impacto ambiental crítico: aquel cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras”.*

el impacto provocado debe imponer limitaciones a la actividad, bien en la fase de construcción como en la fase de explotación.

El análisis de los indicadores, prefijar cuáles son los que mejor miden cada impacto y las consecuencias ecológicas, sociales y económicas de determinados valores del indicador, valores umbrales, es uno de los objetivos a la hora de evaluar proyectos.

### 5. Identificación de indicadores en la evaluación de proyectos

Para la realización de la evaluación económica se determina emplear los criterios e indicadores clásicos que se utilizan en la *evaluación económico-financiera* desde el punto de vista privado, es decir, el Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Retorno, la Rentabilidad del VAN, el Período de Recuperación Descontado, el Punto de Equilibrio de la Inversión. Para el caso de la evaluación del riesgo se realizarán análisis de sensibilidad. A fin de evaluar los efectos del financiamiento se realizará una evaluación financiera desde el punto de vista del inversionista [1, 6].

Al igual que los indicadores económicos, los indicadores sociales, por sí solos no miden la sostenibilidad del municipio, lo hacen en conjunto con el resto de indicadores de un sistema. Estos indicadores son utilizados para evaluar el nivel de bienestar de una sociedad [8]. El acceso a la sanidad pública, el derecho a la cultura, la exigencia de cubrir las necesidades básicas de la población y en general todos aquellos estándares que se relacionan con la calidad de vida, como parte integrante de un desarrollo plenamente sostenible.

Es decir, para la *evaluación social* se puede determinar el empleo del Producto Interior Bruto (PIB) y que considera el ingreso nacional y no la ganancia, es decir, permite visualizar cómo contribuye el proyecto al incremento de los beneficios del país o la región, midiendo la rentabilidad nacional a través de un índice agregado, el Valor Agregado Actualizado Neto (VAAN), que evalúa el impacto principal del proyecto en la economía, y otros criterios complementarios y cualitativos, tales como: el efecto en el empleo, en la distribución del ingreso por regiones y por grupos sociales y su impacto en

la balanza de pagos, aspectos que pueden asumir gran importancia socioeconómica. Los criterios cualitativos abarcaron todas aquellas valoraciones de los efectos del proyecto que por su magnitud, carencia de información o sus particularidades no pudieron ser cuantificadas.

Para la *evaluación de los impactos ambientales* se propone el uso de indicadores, en los casos que sea posible, que cuantifiquen el efecto que ya ha sido determinado, a fin de hacer más explícito la magnitud que alcanza el mismo, y sobre esta base desarrollar las acciones pertinentes para evitar o contrarrestar el impacto, en caso que sea negativo, o aprovechar sus beneficios en el caso de un impacto positivo. El primer paso de esta metodología consiste en la identificación de los procesos físicos, biológicos, socioeconómicos y culturales que pueden ser afectados por la acción propuesta. Es en este momento donde se llevan a cabo los Estudios de línea de base que dan cuenta del "estado del medio ambiente" antes de que se inicie un proyecto. El enfoque fundamental es el de unificar la información disponible, o generar la necesaria dentro de un área determinada, a fin de utilizarla para la fase siguiente de la evaluación de impactos: la predicción de impactos. Se trata de seleccionar entre los efectos identificados aquellos que efectivamente pueden ocurrir, y merecen una preocupación especial. Este paso requiere definir o seleccionar los indicadores de impacto ambiental. Para ello se emplea una matriz de causa-efecto ponderada que se estructura en torno a los objetivos posibles del proyecto en las líneas horizontales, mientras en las columnas verticales figuran los distintos sectores del medio ambiente: tierra, agua, atmósfera, flora y fauna, del medio social y del medio económico, que pueden subdividirse a su vez en componentes o aspectos parciales de esos sectores. En la intersección queda una casilla donde se inscriben los grados en que el objetivo afecta al componente.

Se podrían utilizar los siguientes conceptos para la *evaluación de la importancia*:  
 Impacto: Beneficioso (B), Perjudicial (D).  
 Certidumbre: Cierto (C), Probable (P).  
 Magnitud: Menor (1), Medio (2), Mayor (3).  
 Reversibilidad: Temporal (T), Permanente (P).  
 Plazo: Inmediato (I), Mediano (M), Largo (L).  
 Acción: Sí (Y), No (N).

Existen un gran número de indicadores que permiten medir la calidad de las aguas [2], del

aire, del ruido, de la flora y de la fauna. Muchos de ellos pueden tratarse mediante la lógica borrosa para determinar su magnitud.

El tercer y último paso consiste en intentar cuantificar los beneficios y costes ambientales, sociales y económicos ocasionados por la inversión, a partir de los planes de neutralización, mitigación y compensación de impactos, de restauración y manejo ambiental, así como los planes de seguimiento y monitorización que tienen los fines de proteger y conservar el medio ambiente, y cuyos costes y beneficios deben contemplarse como parte de la evaluación económica. La cuantificación de los beneficios y costes ambientales se podría realizar a través del método de los costes preventivos o defensivos.

Todas estas metodologías empleadas de una manera conjunta, permiten observar y analizar las diferentes aristas del proyecto, poniendo a relieve todos los beneficios y perjuicios que el mismo podría acarrear de forma directa e indirecta, y en este sentido determinar su sostenibilidad en el tiempo, o planificar nuevas alternativas más sostenibles.

### 5.1. Objetivos del sistema de indicadores para la sostenibilidad

- Permitir el seguimiento eficaz de la aplicación de Planes de Acción Ambiental.
- Evaluar la evolución económica, social y del medio ambiente respecto a las actuaciones que se llevan a cabo.
- Favorecer la obtención de información de una manera rápida y eficaz.
- Ofrecer información fácil y de una manera pedagógica a los ciudadanos.
- Determinar el grado de implicación de los agentes
- Ayudar en la toma de decisiones políticas respecto el medio ambiente.
- Obtener una visión totalizadora de los intereses predominantes en cada municipio.

### 6. La lógica borrosa como herramienta

La metodología clásica no tiene las herramientas necesarias para manejar información numérica y lingüística al mismo tiempo. Las técnicas borrosas son herramientas útiles para abordar problemas con vaguedad, inconsistencia y falta de

información, y trabaja adecuadamente con las variables lingüísticas y numéricas conjuntamente. Así se puede decir “el agua está bastante clara”, o “un poco turbia”, y trabajar con estas etiquetas. Los conceptos de calidad ambiental (calidad del agua, del aire, del suelo), impacto..., son adimensionales, intangibles y difícilmente cuantificables.

En este sentido, se plantea un modelo que evalúe la sostenibilidad de un proyecto mediante la lógica borrosa como herramienta. Por otra parte, el uso de las aplicaciones en la enseñanza de la teoría de conjuntos borrosos ayuda, sin lugar a dudas, a su estudio y mejor comprensión.

La *Teoría de los Conjuntos Difusos o Conjuntos Borrosos* (“fuzzy set”) se aplica con éxito para resolver problemas de control. Fue introducida por primera vez por Lotfy Zadeh [16, 18] quien se dio cuenta que, utilizando ecuaciones diferenciales, en muchas ocasiones no se llegaba a soluciones prácticas, bien por las simplificaciones que había que introducir, bien por los muchos cálculos que era preciso realizar, por lo que precisó utilizar nuevas herramientas.

Existen ya metodologías que utilizan lógica difusa en la evaluación de impactos ambientales en obra civil como para evaluar el uso de pesticidas en agricultura, el riesgo de contaminación de aguas subterráneas, la contaminación de vertederos y escombreras, el impacto de actividades mineras. Para más detalle, ver el programa propuesto por [10].

En definitiva, este trabajo propone seguir la metodología clásica de evaluación de proyectos como la propuesta en [10] y utilizar la lógica borrosa y los sistemas de computación con palabras modificando los siguientes aspectos:

- Decidir si un efecto es impacto, y el carácter del mismo, lo cual aumenta la potencia a la hora de modelar, inferir y tomar decisiones sobre conceptos de gran subjetividad.
- Valorar la importancia: El conocimiento es incierto, impreciso e inconsistente por lo que los sistemas de control borroso pueden valorar la importancia de cada impacto. Las variables lingüísticas que definen la importancia: extensión, momento, reversibilidad... se computan y se representan en el intervalo  $[0, 1]$ , siendo conjuntos borrosos lo que permite trabajar con

conceptos vagos y valores numéricos imprecisos.

- Determinar los “mejores” indicadores para medir la magnitud y determinar su valor.
- Las escalas de las variables usadas en el cálculo de la importancia no son homogéneas, lo que falsea los resultados y el peso de las mismas en el valor de la importancia de cada impacto. Las funciones de transformación son conjuntos borrosos que permiten transformar las magnitudes medidas en unidades heterogéneas en unidades homogéneas. Existe un grado de subjetividad en la selección de las funciones de transformación que depende del experto.
- La selección de distintas t-normas permite estudiar otras formas de medir el valor (cualitativo y cuantitativo) de cada impacto teniendo en cuenta su importancia normalizada y su magnitud normalizada.
- Clasificar cada impacto en “compatible, moderado, severo o crítico”.
- Las funciones de agregación estudiadas en la lógica borrosa permiten obtener el impacto total de cada alternativa de una obra, utilizando los pesos de los factores ambientales.
- Desarrollar una estrategia para determinar las medidas correctoras que deben incorporarse al proyecto tomando como base la valoración anterior. Todos aquellos impactos cuya valoración se considere que no está en los límites aceptables, debe disminuirse su impacto mediante estas medidas. Ahora la forma de proceder podría ser a la inversa. Partiendo del valor final que debería tener, ajustar las medidas necesarias para conseguirlo utilizando razonamiento aproximado.

Todo este sistema de lógica borrosa, debido al gran número de variables involucradas, debe trabajarse mediante un sistema de computación. En este caso debe ser un sistema que utilice la computación con palabras. Por tanto, es conveniente que use un sistema difuso basado en reglas. En este trabajo se plantea el uso de la *herramienta XFuzzy* que tiene un entorno amigable.

## 7. Análisis de los resultados de la evaluación de proyectos

Se tratará de inferir mediante la utilización de lógica borrosa el simple enjuiciamiento de un efecto, es decir, si el mismo es despreciable o significativo (impacto). Para definir nuestro sistema partiremos inicialmente de las definiciones de los conceptos anteriormente planteados, con el fin de obtener los conjuntos borrosos y las reglas que se usarán para la inferencia.

Se pueden considerar dos casos de estudio relacionados entre sí:

- Toma de decisión de si un efecto (social, económico o ambiental) produce impacto o no. En definitiva, deducir si un proyecto es sostenible o no
- Toma de decisión del carácter del impacto en los efectos que produzcan impacto.

## 8. Conclusiones

En este artículo se pone de manifiesto el interés que tiene para la sociedad la enseñanza de la evaluación de proyectos sostenibles, la necesidad de investigar sobre un modelo que utilizando la lógica borrosa permita ayudar a tomar decisiones sobre determinados aspectos de los impactos sociales, económicos o medioambientales del proyecto y que sea una herramienta sencilla de usar por los no especialistas.

Así, en este trabajo se propone un modelo matemático que permita la evaluación de la sostenibilidad social, económica y medioambiental de un proyecto. El objetivo es ofrecer un modelo matemático para la Evaluación Integrada de la Sostenibilidad en cualquier tipo de actuación, escenario y para cualquier escala. Esta herramienta permitirá alejarse, a la hora de tomar decisiones, del subjetivismo y/o relativismo al uso basado en intereses coyunturales. Hablamos de una herramienta de soporte para la toma de decisiones, decisiones políticas (política en el sentido de aquello que emerge de los campos tanto público como privado) o cualquier otro tipo de decisión que deba tener en cuenta (no se nos ocurre cual no) la sostenibilidad y esta deba apoyarse, como no, sobre bases técnico/científicas.

## Referencias

- [1] Azqueta, D. Economía, medio ambiente y economía ambiental. Revista Española de Economía. Número monográfico sobre Recursos Naturales y Medio Ambiente, 1994.
- [2] Battelle Columbus Laboratory: Environmental Evaluation System for Water Resource Planning. Springfield, 1972.
- [3] Calvo, F., Moreno, B., Zamorano, M. and Ramos, A. Implementation of a new environmental impact assessment for municipal waste landfills as tool for planning and decision-making process. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, V 11(1), pp. 98-115, 2007.
- [4] Calvo, F., Moreno, B. y Zamorano, M.. Metodología de diagnóstico ambiental de vertederos como herramienta en la planificación ambiental. *Proc. I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente*. Madrid, Febrero 2002.
- [5] Caro, R., Ortiz, S. y De Rábago, J. Hacia un nuevo paradigma económico. Economía Ecológica y Educación para la sostenibilidad. UP Comillas y Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI (edit), pp.65-71. Madrid, 2009.
- [6] Comisión Europea, Guía para la Estrategia Europea de Desarrollo Sostenible, Secretaría General, 1049 Bruselas, Bélgica, 2007.
- [7] Conesa Fernández-Vitora, V. Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Ed. Mundi-Prensa. Bilbao, 1996.
- [8] Constanza, R., (edit.), *Ecological Economics: the Science and Management of Sustainability*, Nueva York, Columbia University Press, 1990.
- [9] Gallego E., González de Paula, L., Garmendia, L. y Garmendia A. Método de decisión borrosa de si un efecto es impacto ambiental y su carácter. Jornadas internacionales de Didáctica de las Matemáticas en Ingeniería. ETSI Caminos, UPM. Pp. 261-273, 2009.
- [10] Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., y Garmendia, L. Evaluación de impacto ambiental, Incluye CD Rom. Pearson Educación, Prentice Hall, 2005.
- [11] Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., y Garmendia, L. Determinación de las funciones de transformación útiles en la evaluación de impactos ambientales. Pp. 433-442. Primer Congreso Internacional de Matemáticas en Ingeniería y Arquitectura, 2007.
- [12] Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C. y Garmendia, L. Enseñanza de la evaluación de impactos ambientales en escuelas técnicas. Una reflexión sobre las funciones de transformación. Pp. 380-382. V Congreso Iberoamericano de docencia universitaria, Universidad Politécnica de Valencia, 2008.
- [13] Gómez Orea, D. Evaluación de Impacto Ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 2002.
- [14] Ministerio de la Presidencia, Estrategia Española de Desarrollo Sostenible 2007. [www.060.es](http://www.060.es)
- [15] Ministerio de Medio Ambiente: Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico. Contenido y Metodología. Secretaría General de Medio Ambiente. Madrid, 1996-2000.
- [16] Trillas, E., Alsina, C. y Terricabras, J. M. Introducción a la Lógica Borrosa. Editorial Ariel, 1995.
- [17] Xercavins, J. y Cervantes, G., Desarrollo sostenible. Ediciones UPC, 2005
- [18] Zadeh, L. A. Fuzzy Sets. *Inform. and Control* 8, pp. 338-353, 1965.