

Capítulo 1. Introducción

1.1 Evaluación del impacto ambiental

Durante la década de los años setenta del siglo XX, con las primeras conferencias, reuniones y encuentros sobre medio ambiente, cobró amplio reconocimiento la necesidad de incorporar la variable ambiental como factor de garantía del progreso, ya que se detectaba un agravamiento de los problemas ambientales, tanto globales como regionales, nacionales y locales. Además, la utilización racional de los recursos no se consideraba como variable de importancia para lograr un desarrollo estable y continuo. Así, nació el concepto de desarrollo sostenible, para resaltar la necesidad de incorporar las variables ambientales en una concepción global y para postular que no puede haber progreso sólido y estable, si no existe una preocupación de la sociedad en su conjunto por la conservación ambiental. La protección ambiental no puede plantearse como un dilema frente al desarrollo, sino como uno de sus elementos básicos y fundamentales. Un desarrollo sostenible debe promover la conservación de los recursos naturales –tales como la tierra, el agua el aire y los recursos genéticos– y, a la vez, ser técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable, de tal manera que permita satisfacer las necesidades crecientes y lograr el desarrollo requerido.

El crecimiento económico y la protección ambiental son aspectos complementarios. Sin una protección adecuada del medio ambiente, el crecimiento se vería desvirtuado, y sin crecimiento real fracasaría la protección ambiental. Afortunadamente, esos efectos adversos pueden reducirse en forma pronunciada y si las políticas e

instituciones son eficaces, el aumento de los ingresos debiese proporcionar los recursos que se requieren para una mejor previsión ambiental. En este sentido, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) constituye una herramienta de prevención que, apoyada por una institucionalidad acorde a las necesidades de los distintos países, fortalece la toma de decisiones a nivel de proyectos, ya que incorpora variables que tradicionalmente no habían sido consideradas durante su planificación, diseño o implementación.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso destinado a mejorar el sistema de toma de decisiones, y está orientado a garantizar que las opciones de proyectos en consideración, sean ambiental y socialmente sostenibles. Se entiende como EIA el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad causa sobre el medio ambiente (artículo 5 R.D. 1131/1988, de 30 de septiembre). En el contexto actual, se entiende como un proceso de análisis que anticipa los futuros impactos ambientales, negativos y positivos de acciones humanas, permitiendo seleccionar las alternativas que, cumpliendo con los objetivos propuestos, maximicen los beneficios y disminuyan los impactos no deseados.

Este proceso se vincula con la identificación, la predicción y la evaluación de impactos relevantes, beneficiosos o adversos. Debe contar necesariamente con un procedimiento legalmente aprobado, con enfoque multidisciplinario e interactivo alcanzando de ésta manera una mejor comprensión de las relaciones existentes entre lo ecológico, lo social, lo económico y lo político.

Cada vez más la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) está siendo vista como un mecanismo clave para lograr que la sociedad civil participe, y así se involucre en el proceso de decisión. Ha demostrado ser una herramienta fundamental para mejorar la viabilidad a largo plazo de muchos programas y proyectos. Además, su uso puede contribuir de manera definitiva, a evitar errores u omisiones que pueden implicar altos costos ambientales, sociales y/o económicos.

La necesidad de dotar de bienes y servicios a la sociedad, el crecimiento demográfico y el uso intensivo de los recursos naturales, ha traído como consecuencia, la

transformación vertiginosa del medio natural, nuestro entorno así como la disminución de la calidad y escasez de los recursos que sustentan la biodiversidad, pero también la falta de calidad y amplitud de muchos de los estudios realizados con la permisividad de algunas administraciones en el momento de la aceptación de determinados proyectos controvertidos, básicamente por la falta de democratización de los mismos procesos de decisión y la poca preocupación de fomentar la participación social en la gestión pública de las EIA (Pardo Buendía, 2002).

Cuando una acción, actividad, plan, programa o proyecto produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes del medio, se dice que hay un impacto ambiental. Los impactos ambientales pueden ser positivos o negativos y sus efectos se pueden presentar a corto o largo plazo, pueden ser de corta o larga duración, algunos son reversibles y otros irreversibles, previsibles o inevitables, en algunos casos su efecto es acumulable, muchos de ellos son evidentemente a consecuencia directa de la acción, plan, programa o proyecto realizado; en otros casos no resultan fáciles de identificar porque son inducidos a consecuencia de los impactos primarios o directos, pero sus consecuencias son las que ocasionan mayores problemas en vista de que resultan a largo plazo y puede no haber un responsable visible a quien señalar, además de que normalmente las medidas correctivas se aplican *a posteriori* cuando el daño ambiental está hecho y sus costos resultan ser en bastantes casos externos al que los causó.

La especie humana ha ocasionado grandes transformaciones y adaptaciones en el medio ambiente, el aumento de su población genera necesidades apremiantes de alimento, vivienda, salud, vestido y esparcimiento, las cuales no deberían quedar insatisfechas, y hasta el momento la única fuente de recursos es el planeta Tierra, el concepto de recursos renovables ha quedado en entredicho. Los criterios de desarrollo han ido variando, pero actualmente al menos han de cumplir con las siguientes características para que sea sostenible:

- a) Garantizar la calidad de vida;
- b) Asegurar un acceso continuo a los recursos naturales y
- c) Evitar daños permanentes al ambiente.

Ningún esquema de desarrollo puede considerarse verdadero si no logra satisfacer las necesidades del presente, evitando comprometer las posibilidades de las futuras generaciones y su derecho a satisfacer las propias.

Cuando hablamos de impacto ambiental nos referimos a la alteración que la ejecución de un plan, programa, proyecto o actividad introduce en el medio, con referencia a las condiciones iniciales del sistema en el que se implantará esa acción. Los términos de referencia serán la conservación de los ecosistemas, de los paisajes y de los procesos ecológicos esenciales, asociados a la salud y al bienestar humano.

Para realizar el diagnóstico de los impactos ambientales, requerimos saber acerca de los siguientes elementos implicados en la transformación ocasionada en el medio:

- Su *manifestación* o síntoma.
- Las *causas* que originan el impacto.
- Los *efectos* o repercusiones en el espacio, actividades o personas.
- Los *agentes* implicados tanto en las causas como en los efectos.
- La *sensibilidad* de los agentes que intervienen.
- La *percepción* del problema por parte de la población afectada y su disposición a participar en la solución.
- La *relación* directa o indirecta con otros impactos.
- Las *posibilidades de intervención* sobre causas, efectos, manifestaciones, agentes, población y su carácter preventivo, curativo o compensatorio.
- Los *objetivos* a cubrir en su tratamiento preventivo o correctivo.

De este modo, los impactos ambientales identificados por una acción sobre un factor ambiental quedan señalados por su *signo* y su *valor*.

- El signo puede ser *positivo* o benéfico y *negativo* o perjudicial.
- El valor es función de la *magnitud* del impacto y de su *incidencia*.
- La *magnitud* representa la *cantidad* y *calidad* del factor modificado.
- La *incidencia* se refiere al grado o *intensidad* de la alteración producida y a una serie de atributos que caracterizan dicha alteración.

Los atributos más sobresalientes son:

- La *escala*, el momento o lapso de tiempo, la reversibilidad, la persistencia, la sinergia y la posibilidad de corrección.
- El *impacto total* sobre el conjunto del entorno afectado depende de los impactos producidos sobre cada factor ambiental afectado, de la importancia y peso relativo de dichos factores así como de la interacción entre los mismos (sinergia).

De acuerdo con la práctica en diferentes países, el documento técnico que debe presentar el titular del proyecto ante la autoridad competente para obtener la *declaración de impacto ambiental* se denomina *estudio de impacto ambiental*, el cual es sometido al procedimiento aplicable para su autorización. Dicho documento técnico, debe incluir al menos los siguientes datos: descripción del proyecto y sus acciones, examen de alternativas técnicamente viables y justificación de la solución adoptada, identificación y valoración de impactos, establecimiento de medidas protectoras y correctoras, programa de vigilancia ambiental y un documento de síntesis.

Es precisamente en el examen de las alternativas viables, y en la identificación y valoración de los impactos ambientales en donde incide el producto de este trabajo, ayudando a la toma de decisiones ambientales mediante el uso de métodos multicriterio y la aplicación de técnicas difusas en la evaluación del impacto ambiental.

Los métodos multicriterio intentan dar a quien decide una herramienta para avanzar en la solución de un problema determinado en el que a menudo coexisten varios puntos de vista que pueden ser contradictorios (distintos criterios de elección) que han de tomarse en consideración para obtener la mejor solución. Hay que indicar que en este tipo de problemas, encontrar una solución que sea la mejor desde todos los puntos de vista es prácticamente imposible, a esta solución se le denomina comúnmente "*solución ideal*". Por eso cuando hablamos de encontrar la mejor solución no queremos decir por consiguiente, encontrar la solución ideal, sino una solución que aunque no sea la mejor desde cada punto de vista a tener en cuenta, si lo sea desde todos ellos en conjunto, a dicha solución se la denomina *solución de compromiso*. Tal

como se requiere en las decisiones ambientales en las que la comunidad es tomada en cuenta y se desea mejorar la calidad de las actuaciones, puesto que la EIA se presenta en un contexto social y tiene implicaciones políticas.

La aplicación de los métodos multicriterio a la toma de decisiones ha tenido una expansión acelerada a partir de la I Conferencia Mundial sobre Toma de Decisiones Multicriterio que se celebró en Estados Unidos en octubre de 1972, en la Universidad de Carolina del Sur, en la que se acordó constituir el grupo especial interesado en la toma de decisiones multicriterio que posteriormente se convertiría en la *International Society on Multiple Criteria Decision Making*; desde entonces las revistas científicas especializadas han publicado muchos artículos y le han dedicado números especiales al tema con aplicaciones a diversas disciplinas, encontrando posibilidades de uso en temas ambientales, de manera que resulta interesante para los fines de este trabajo de tesis: *analizar y valorar los métodos multicriterio en su capacidad de aplicación a la evaluación de impactos ambientales*, y tener la posibilidad de contar con un instrumento que coadyuve a la toma de decisiones ambientales.

1.2 Justificación

Partiendo de métodos muy probados como el uso de matrices y conceptos como *magnitud del impacto* y *calidad ambiental* proponemos una valoración cualitativa y cuantitativa recurriendo a funciones de transformación en el dominio de la lógica difusa y aplicando métodos multicriterio como ELECTRE o PROMETHEE validando estas herramientas con proyectos de casos reales que fueron evaluados por otros métodos y que están en la etapa de operación. Las herramientas de software que se aplican son las desarrolladas por Duarte (2000) y Martín-Ramos (2003) en sus respectivas tesis doctorales de la Universidad de Granada.

La razón de hacer este trabajo se sustenta principalmente en que los métodos que se encuentran disponibles para realizar la evaluación del impacto ambiental, enfrentan una serie de dificultades y deficiencias entre las que podríamos destacar las siguientes:

-
- ✓ *No se modela la incertidumbre.* Un Estudio de Impacto Ambiental es una predicción sobre la forma en que un proyecto repercutirá sobre el entorno, por lo tanto, como en toda predicción, es de esperar que la incertidumbre esté presente en algunos de los parámetros involucrados y los métodos de evaluación de impacto ambiental (EIA) normalmente no establecen ningún procedimiento para tratar variables con incertidumbre, el modelo exige que todas y cada una de las variables que intervienen en la valoración de impactos sean medidas y valoradas, cuando en ocasiones es posible que no se conozca o sea imposible calcular el valor de ciertas variables.
 - ✓ *Agregación cualitativa mediante valores cuantitativos* En el procedimiento de valoración de los impactos, se utiliza un conjunto de variables lingüísticas para caracterizar el impacto del proyecto o actividad sobre el medio ambiente. Un ejemplo de estas variables es la *reversibilidad*. Algunas de las variables involucradas son de tipo numérico (cuantitativo), mientras que otras son de tipo lingüístico (cualitativo); el método que se emplee para efectuar el estudio debe ser capaz de combinar ambos tipos de variables de forma coherente. Sin embargo los métodos actuales de EIA no definen un procedimiento de agregación de los valores de dichas variables lingüísticas (términos lingüísticos); y realizan una simple tabulación o transformación a una escala previamente fijada, y sin ninguna representación semántica ni justificación y estudio alguno.
 - ✓ *El entorno medioambiental es muy complejo,* y por lo tanto no se puede describir con un único método. Esto obliga a modelar el entorno como un conjunto de *factores ambientales* que sean relevantes, representativos y fácilmente analizables.
 - ✓ *Perdida de información.* Ciertos métodos de evaluación realizan filtrados de información sobre impactos ambientales que no superan ciertos umbrales. Esto podría ser visto como una manera de falsear o retocar los resultados del Estudio de Impacto Ambiental.

- ✓ *Falta de rigor matemático en el cálculo del Impacto Ambiental.* Aunque algunos métodos tradicionales están basados en operaciones matemáticas, no justifican la expresión utilizada para el cálculo del Impacto Ambiental, y cual es su significado semántico.

De las deficiencias observadas, se desprende el hecho de que las metodologías tradicionales pueden ser significativamente mejoradas, si sus procedimientos se construyesen sobre un modelo de agregación de información tanto lingüística como numérica. Este enfoque, mucho más realista se puede llevar a cabo mediante la aplicación de la *teoría de conjuntos difusos* a la metodología de Evaluación de Impacto Ambiental, y los métodos multicriterio para la ayuda a la toma de decisiones.

1.3 Objetivos

Objetivo general

La finalidad principal de este trabajo de tesis doctoral es ***ponderar la viabilidad de la aplicación del análisis multicriterio y la lógica difusa en la Evaluación de Impactos Ambientales*** como una herramienta de ayuda a la toma de decisiones, tomando en cuenta que en el campo de trabajo de la gestión ambiental con frecuencia se presenta la disyuntiva de elegir entre un conjunto de alternativas que engloban criterios o puntos de vista distintos y en muchas ocasiones controvertidos o en pugna, se seleccionarán los métodos multicriterio que tengan aplicación práctica en el proceso al que los proyectos, planes, políticas y/o programas se deben someter para garantizar su sostenibilidad, sometiéndolos a un análisis objetivo en el que se puedan tomar en cuenta los diversos aspectos, intereses, opiniones y criterios que influyen en las decisiones ambientales y que no siempre cuentan con un respaldo metodológico impersonal.

Se recurrirá a los métodos existentes del análisis multicriterio y la variedad de métodos de evaluación de impactos ambientales para facilitar la toma de decisión sobre las

posibles alternativas, en espera de tener como resultado un instrumento imparcial y justo que concilie los diversos puntos de vista o criterios de tal forma que las partes involucradas y los intereses político, económico, ambiental, social, ético, etc. encuentren un punto de convergencia. Se propondrá un instrumento que concilie la mayor parte de ellos y que facilite la elaboración de una opinión, juicio técnico o pericial que tenga posibilidades de ser aceptado y reconocido por los interesados en la decisión de ejecutar o no un proyecto o conjunto de proyectos, en la que tengan incidencia o se origine una transformación del medio natural, del medio físico o de sus habitantes.

Objetivos específicos

Entre los objetivos específicos que se pretenden desarrollar, está **la selección de los métodos multicriterio que mejor interpreten los sistemas habituales de evaluación de impactos ambientales, analizar su proceso de decisión y las variables que con mayor frecuencia se utilizan para realizar dicha evaluación tomando en cuenta las técnicas difusas, así como las preferencias o criterios que prevalecen** por parte de los expertos cuando personalmente se encargan de esta tarea al realizar el estudio de impactos ambientales para obtener el dictamen del órgano ambiental responsable.

Además del análisis y valoración, será objetivo de este trabajo **hacer una revisión crítica de las ventajas de usar métodos multicriterio en la evaluación de impactos ambientales**, considerando que no es suficiente con proponer nuevas formas de tomar las decisiones ambientales, sino que es necesario llegar a la revisión crítica de los resultados y valorar las ventajas de usar o no los métodos que se propongan, en función de su rapidez, sencillez, simplicidad, aproximación a la realidad, economía, uso de herramientas informáticas, necesidades de aporte de información, veracidad y fiabilidad.

Para llegar a ponderar la viabilidad de aplicar el análisis multicriterio es necesario satisfacer el objetivo particular de **aplicar los métodos de decisión multicriterio a diversos casos de estudio de impactos ambientales**, comprobar si los resultados

son congruentes con las valoraciones realizadas por expertos cuando usan otras técnicas, verificar que el análisis de las alternativas disponibles conduzca a decisiones similares a las ya tomadas y sean aceptables por los posibles interesados en el proceso de evaluación y decisión. Se tomaran como casos de estudio, el *“Proyecto de la Planta de Compostaje de la ZONA 1”* en el que se realiza la evaluación del impacto ambiental de una instalación de compostaje de la fracción fermentable de los residuos sólidos urbanos, de los lodos de depuradora de aguas residuales (EDAR) y de la fracción sólida de la metanización (MET), que se prevé instalar en Son Reus, Mallorca; el *“Proyecto de la Planta de Metanización de la ZONA 1”* donde se realiza la evaluación del impacto ambiental de una instalación de metanización de la fracción fermentable (FBRM) que se prevé instalar en la misma Zona-1 Son Reus, Mallorca y *Estudio de Impacto Ambiental del Vertedero Controlado Asociado a la Nueva Planta Incineradora de Residuos Sólidos Urbanos de Son Reus (Mallorca)* consistente en la construcción de una planta de incineración, mediante la combustión de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) generados en la isla de Mallorca. Este último proyecto incluye la recuperación de la energía de combustión en forma de energía eléctrica.

1.4 Estructura del Documento

La presente Tesis Doctoral se encuentra estructurada de la siguiente manera:

Después de esta introducción, en el que se ha pretendido justificar y enmarcar este trabajo dentro de un campo de estudio, así como exponer cuáles son los objetivos del mismo, en el segundo capítulo se realiza una descripción de la evolución histórica y legal de la Evaluación de Impactos Ambientales, en el contexto Internacional, de la Comunidad Europea, de España y de América; así como su influencia en el concepto actual de desarrollo sostenible.

En el capítulo tres se hace una revisión de las metodologías aplicables a la evaluación del impacto ambiental, al análisis multicriterio en la ayuda a la toma de decisiones y las técnicas difusas como herramienta útil para abordar problemas en los que la imprecisión y la vaguedad están presentes, todo ello en un marco en que se requiere

el manejo de información cualitativa y cuantitativa es decir, variables numéricas y lingüísticas.

El capítulo cuatro se refiere a la valoración del medio natural, los criterios aplicables como los ecológicos, de planificación/gestión y culturales y los modelos de evaluación más usados, los métodos y las escalas de medición, así como la medida de sus ponderaciones subjetivas y de incertidumbre.

El capítulo cinco incluye la aplicación a tres proyectos de tratamiento de residuos urbanos (metanización, compostaje e incineración) localizados en Son Reus, Isla de Mallorca de las técnicas difusas y métodos multicriterio en la evaluación de impactos ambientales, aportadas por Duarte (2000) y Martín-Ramos (2003), de la Universidad de Granada.

Finalmente, en el capítulo seis, se exponen las conclusiones a las que se ha llegado en esta tesis doctoral. También se incluyen algunas sugerencias, que, a la vista del trabajo realizado y la experiencia adquirida, pueden resultar útiles para posteriores estudios que se puedan realizar en el campo de la gestión ambiental con métodos multicriterio difusos.

