

INFORMACIÓN DE SUELOS Y EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL: SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

Felipe MACÍAS

Dpto. Edafología y Química Agrícola. Fac. Biología Univ. Santiago. 15706 Santiago de Compostela

Abstract: We made a short review of the goals, methods and main application problems of the studies on the Environmental Impact Assessment (EIA) and of some new concepts, like "Critical Loads of Pollutants", which may be added to the EIA as a quantitative criterion for the determination of the sensibility of the environment for the different effects derived from a projects. The role of soil science within the EIA should be relevant because of the information that it supplies about the capacity of a specific area to sustain the project, the suitability, limitations and sensibility of the affected soils and the protective capacity of the soil toward other more sensitive systems, like the hidrological or biological ones. Furthermore, the own interdisciplinary methodology of this science and the capacity to integrate the knowledge of other sciences to predict the reaction of the environment to changes caused by men on a larger time scale, support the role that plays soil science.

Key words: Environmental impact assessment, critical loads, soils.

Resumen: Se realiza una breve revisión de los objetivos, métodos y principales problemas de aplicación de los estudios de Evaluación de Impactos Ambientales (EsEIA) y de nuevos conceptos, como el de Cargas Críticas de Contaminantes, cuya ampliación puede introducirse en los EsEIA como un criterio cuantitativo para determinar la sensibilidad del medio frente a las diferentes actuaciones derivadas de un proyecto. El papel de la Ciencia del Suelo dentro de los EsEIA debe ser relevante por la información que aporta sobre la capacidad de acogida del proyecto en un determinado espacio, las aptitudes, limitaciones y sensibilidad de los suelos afectados y la capacidad de protección del suelo a otros sistemas más sensibles como los hídricos y bióticos. Además, la metodología interdisciplinar propia de esta ciencia y su capacidad de integración de conocimientos de otras ciencias para predecir la reacción del medio, a lo largo del tiempo, frente a las modificaciones antrópicas son otras razones que justifican la importancia de la Ciencia del Suelo..

Palabras clave: Evaluación de impactos ambientales, cargas críticas, suelos.

LOS ESTUDIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES: ALGUNOS CONCEPTOS BÁSICOS

En los últimos años diversas experiencias han demostrado que deben modificarse algunas

de las pautas seguidas en los procesos de planificación y gestión de los recursos naturales. Al margen de muchos alarmismos y catastrofismos, ampliamente divulgados en diferentes foros y organizaciones sociales e incluso utilizados por algunos órganos de gobierno, no cabe duda que

nuestras actuaciones no son completamente inocuas para el sistema en que vivimos sino que hemos provocado una serie de daños, desequilibrios o desviaciones de sus pautas naturales. En su mayor parte se trata de anomalías de carácter local, pero en algunos casos, abarcan espacios considerables e incluso podría hablarse de efectos globales. Entre éstos últimos quizás los más importantes sean la síntesis y liberación a la biosfera de una serie de sustancias de elevada movilidad y persistencia, como los CFCs, PCBs,..., el incremento de la cantidad y movilidad de elementos traza y metales pesados y la enorme introducción de S en el compartimento atmosférico, que alcanzó porcentajes de origen antrópico superiores al 50%. Junto a estos procesos de índole global hay actuaciones locales muy negativas que conducen a la contaminación y degradación de suelos y aguas, con grandes pérdidas de recursos o con un uso inadecuado de muchos de ellos.

La preocupación por estos problemas fue surgiendo paulatinamente. Algunos hechos, especialmente los que afectaban directamente a la salud y bienestar humano, fueron reconocidos con relativa rapidez lo que llevó a la creación de sistemas legislativos, de tipo sectorial (Ley de Aguas, Reglamento de Actividades Molestas, Nocivas y Peligrosas, ...). No obstante, otras muchas experiencias demostraron que los principales problemas derivaban del tipo de planificación realizado, ya que en el balance costes-beneficios de las actuaciones humanas no se incluían los daños causados al aire, al agua, al suelo,... considerados como "bienes libres" y no como "bienes económicos". Cuando se evaluaron los costes de los procesos de restauración de determinados deterioros ambientales, como los de la minería de Sudbury (Ontario, Canadá), o la contaminación de los mares Báltico, Adriático,... se comprobó que la corrección de los daños producidos a causa de determinadas actividades es, en muchos casos, difícil de llevar a cabo por el elevado costo económico que suponen las medidas de recuperación de la calidad ambiental.

Hacia finales de la década del 60 ya se tenía la convicción de que era necesario disponer de algún mecanismo que mitigase los problemas antes de su aparición. La mayor parte de los organismos internacionales optaron por aconsejar sistemas preventivos que permitan predecir las consecuencias de nuestras actuaciones sobre el medio, evaluar su costo y elaborar criterios de actuación que eviten los impactos. Entre estas figuras cabe destacar a los "Estudios de Evaluación de Impactos Ambientales" (EsEIA) y, sobre todo, el concepto más reciente de "Carga Crítica de Contaminantes" (CCC), cuya filosofía, ampliada y adaptada, podría convertirse en el aspecto esencial de valoración del medio físico-natural y de su capacidad de respuesta a los cambios de uso del suelo en las planificaciones futuras.

LOS ESTUDIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES. (EsEIA). CONCEPTOS Y PROBLEMAS DE UTILIZACIÓN

Los EsEIA, responden a la necesidad de prevenir las respuestas (reacciones) a nuestras actuaciones. A partir de la década de los 50 se produjo un incremento de la atención prestada a los aspectos ambientales y a la responsabilidad del hombre en los deterioros observados, de modo que al estudio de costes-beneficios monetarios, tradicional en la elaboración de los proyectos, comenzaron a añadirle nuevos puntos de atención que consideraban los aspectos ambientales (protección del medio físico, utilización racional de los recursos naturales) junto a los económicos y tecnológicos.

Los conceptos básicos de los EsEIA se iniciaron en EEUU con la "National Environmental Policy Act" (NEPA) de 1969. Posteriormente, figuras similares se han introducido en la mayor parte de los países (tabla 1).

Se dispone, por tanto, de un procedimiento con más de 25 años de funcionamiento en USA y más de 10 en la mayoría de los países avanza-

Tabla 1.- Fecha de aparición de los principales sistemas de Evaluación de Impactos Ambientales.

National Environmental Policy Act	1969
California	1970
Nueva Gales del Sur	1972
Australia	1972
Canadá	1973
Nueva Zelanda	1974
Tailandia	1975
OCDE(*)	1975
Francia	1976
Irlanda	1976
Alemania	1976
Holanda	1979
Consejo de Europa	1985
Naciones Unidas (programa ambiental)	1987
Banco Mundial (**)	1989

(*) La "Organization for Economic Cooperation and Development" recomendó que se adoptasen procedimientos y métodos de EIA para los países miembros en 1975 (Council of Environmental Quality, 1975) y los exigió en los procesos de ayuda a países en desarrollo en 1992.

(**) El Banco Mundial editó un libro con la metodología de las EIA utilizada en sus actuaciones en 1991.

dos pero, a pesar de su origen común, no se ha logrado un acuerdo universalmente aceptado de su alcance e incluso de los conceptos básicos que deben contener las EIA. Algunas definiciones dan idea de la diversidad de conceptos que incluyen (Turnbull, 1992):

- "una actividad diseñada para identificar y predecir los impactos sobre el ambiente biogeofísico y sobre el bienestar y la salud humana".

- "una actividad diseñada para identificar, predecir y describir en términos apropiados los

aspectos favorables y desfavorables de un desarrollo propuesto".

- "una evaluación de todos los efectos ambientales y sociales relevantes que pueden derivarse de un proyecto".

- "valoración cuantitativa de algunos parámetros que indican la calidad del ambiente, antes, durante y después de una acción".

- "examen sistemático de las consecuencias ambientales de los proyectos, políticas, planes y programas. Su principal objetivo es suministrar a los gobernantes una visión de las implicaciones de una acción antes de que se haya tomado la decisión de llevarla a cabo".

En la Unión Europea el artículo 3º de la Directiva sobre Evaluación de los Impactos sobre el medio ambiente de ciertas obras públicas y privadas. (85/337/CEE) establece que: *La EIA identifica, describe y evalúa de modo apropiado, en función de cada caso particular, los efectos directos e indirectos de un proyecto sobre los siguientes factores:*

- El hombre, la fauna y la flora.

- El suelo, el agua, el aire, el clima y el paisaje.

- Las interacciones entre los factores anteriores.

- Los bienes materiales y el patrimonio cultural.

Los iniciadores del método en USA consideraban a la EIA como "un proceso sistemático e integrado de consultas a expertos e instituciones y de participación pública que permite considerar los posibles impactos de una determinada actuación antes de que ésta sea permitida y realizada". El objetivo fundamental era el de conseguir que las autoridades gubernativas dispusiesen de información suficiente en la que basar sus decisiones, a través de las opiniones cualitativas de los expertos sobre los posibles daños ambientales, las propuestas de modificación de los proyectos, las medidas de corrección o mitigación disponibles y la vigilancia durante su funcionamiento. El documento específico de EIA elaborado por los expertos, aún siendo un documento obligatorio, no era

más que una parte de la EIA siendo la decisión administrativa el eje central de la misma.

Por otra parte, debe destacarse que la EIA no es un procedimiento exclusivamente científico y objetivo, sino que, como lo define Kennedy (1988) es un elemento interpretativo de naturaleza dicotómica que es a la vez ciencia y arte y que, al producirse dentro de un determinado contexto sociopolítico, es inevitable que las consideraciones económicas, sociales y los factores políticos, pesen en muchas ocasiones más que los factores exclusivamente ambientales.

Este concepto es mucho más admitido y realizado en los sistemas actuales de EIA europeos. Las principales diferencias estriban en el peso relativo que se asigna a los aspectos socioeconómicos, al valor del patrimonio cultural y paisajístico y a la participación ciudadana en la toma de decisiones lo que, sin duda, comunica a estos EsEIA una importante carga de subjetividad y variabilidad, frente al análisis exclusivo y más objetivo de las implicaciones entre el medio y las acciones del proyecto. En general, se observa que en los procedimientos norteamericanos, especialmente los elaborados en los primeros años, hay mayor influencia de los criterios tecnológicos y científicos, e incluso presentan un pretendido y no disimulado afán de llegar a sistemas de evaluación universal en los que los expertos pudiesen dar dictámenes de EIA idénticos. De ahí el desarrollo de sistemas como la matriz de Leopold (Leopold *et al.*, 1971), la aproximación de Sorensen (Sorensen, 1971) o los intentos de cuantificar y objetivar los EsEIA del Instituto Battelle (U.S. Dept. of Interior, 1972) y sus derivados (Warner & Preston, 1973; Baggs, 1982/83;...). Por el contrario, en Europa, el mayor peso de la opinión pública y de los aspectos sociológicos exigen que los EsEIA sean mucho más interdisciplinarios y que su resultado final se alcance a través de sistemas multicriterio y con un peso importantísimo de la *negociación* y del *pacto*. Esta filosofía posibilista se transluce cuando se observan las funciones de "*Conocimiento, Coordinación, Racionalización, Flexi-*

bilidad y Consenso" que se atribuyen a los EsEIA como instrumentos de Política Ambiental en Europa.

Los EsEIA, concebidos como instrumentos básicos de la planificación actual, se basan en la idea de que es posible realizar una previsión de los efectos (reacciones) de determinadas actuaciones humanas sobre la calidad ambiental general y sobre los recursos naturales existentes en un determinado territorio. Del conocido principio de Le Chatelier o de Acción-Reacción, enunciado de múltiples maneras en las leyes físico-químicas, la EIA se centra en la segunda parte, ya que *la clave de una buena EIA es la correcta predicción de la reacción*, mientras que, lógicamente, el proyecto debe analizar fundamentalmente la acción. Además, se considera que es posible llevar a cabo una eliminación o mitigación de los impactos potenciales realizando proyectos de actuación que tengan en cuenta las características del sistema en que se van a implantar, tanto en el sentido de sus aptitudes y limitaciones como en el de su sensibilidad frente a las modificaciones causadas en sus principales componentes (aire, agua, suelo, biota y paisaje) o en su dinámica.

La propuesta del EsEIA parte de la idea de que *es posible mejorar los proyectos*, de modo que presenten una mayor economía global, si se diseñan mediante un proceso de interacción mutua entre los objetivos que se desea alcanzar mediante el proyecto, el conocimiento del medio físico y social en que pretende instalarse y las posibles disfunciones que pueden producirse en respuesta a las actuaciones necesarias para su realización y funcionamiento. Esto significa que la calidad del medio ambiente y la capacidad de utilizar de manera sostenida los recursos naturales pasan a ser "*bienes económicos*", que deben ser valorados con la misma precisión que las inversiones en infraestructuras, tecnologías, gastos de personal o los beneficios sociales o empresariales que se espera obtener.

Con este enfoque los valores naturales, tradicionalmente considerados como "*bienes libres*" y susceptibles de ser sometidos a expo-

liación, explotación o modificación de su composición, adquieren un peso mayor en la toma de decisiones sobre todos los aspectos relacionados con el proyecto, desde su propio diseño, a la ubicación donde debe realizarse o a las técnicas de corrección y seguimiento que deben mantenerse.

Los EsEIA no se han concebido como un sistema de eliminación de aquellos proyectos que suponen actuaciones potencialmente negativas, sino con el claro objetivo de mejorarlos, adaptándolos al medio natural y social, de modo que se produzca el máximo beneficio económico global. Esto puede suponer en la mayoría de los casos la modificación, más o menos intensa, de las ideas originales que dan lugar al proyecto o de las técnicas con que pretendía llevarse a

cabo y, en algunas situaciones, su cambio de ubicación o incluso su abandono.

En la tabla 2 se sintetizan las fases de un EsEIA de acuerdo con la normativa vigente.

ALGUNOS PROBLEMAS DE LOS ESTUDIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES ACTUALES

Dentro de una filosofía de “*desarrollo sostenido*” ningún modelo económico puede ser considerado estable si vulnera los principios de funcionamiento correcto de los sistemas naturales, por lo que, con independencia del concepto utilizado, resulta claro que los EsEIA son uno de los escasos procedimientos técnicos y adminis-

Tabla 2.- Fases de un estudio de Evaluación de Impacto Ambiental.

<p>1.- Intención de desarrollo de un proyecto</p>
<p>2.- Necesidad de realización de un EsEIA</p>
<p>3.- Elaboración del documento de EIA (consultas a expertos e instituciones, interdisciplinar, proceso iterativo)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Descripción del proyecto con información de su localización. - Caracterización de las condiciones ambientales (análisis del medio físico) y socioeconómicas (población, recursos, valores culturales, legislación,...) iniciales. - Identificación de los impactos (efectos) de las actuaciones del proyecto sobre las condiciones ambientales y socioeconómicas durante las fases de construcción, funcionamiento y abandono. - Análisis de las alternativas. - Propuestas de mejora y de corrección de impactos. - Plan de seguimiento de los efectos reales. - Síntesis en lenguaje no técnico del EsEIA.
<p>4.- Entrega del EsEIA a la Administración. Análisis interno (técnicos de la administración) y externo (información pública)</p>
<p>5.- Declaración de Impacto Ambiental por la Administración</p>

trativos que permiten la realización de un examen del medio y de su "capacidad de acogida" para un determinado proyecto, razón por la cual se convierten en una herramienta clave de la Ordenación y Planificación del Uso del Suelo.

Sin embargo, su aplicación no está exenta de problemas que exigen una mejora de los procedimientos, objetivos y casuísticas a las que deben aplicarse. Así, en la Unión Europea, 11 años después del inicio de su aplicación, se ha redactado una nueva Directiva cuya entrada en vigor se efectuará entre 1996 y 1999. Algunos de los problemas del procedimiento vigente son:

1º.- En la filosofía de la realización de los EsEIA se parte de la idea de que el diseño del proyecto tecnológico y las consideraciones ambientales se realizan de modo simultáneo y en un proceso interactivo. También se considera que estos estudios son siempre posibles y que existen profesionales e información de calidad suficiente para realizarlos dentro de límites económicos y temporales admisibles. Aspectos que son bastante cuestionables en la realidad actual, al menos en España.

La práctica de los EsEIA ha puesto de manifiesto que la idea de un proyecto realizado simultánea y coordinadamente por los técnicos que tradicionalmente realizaban estos trabajos y los conocedores del medio natural y su dinámica no es coincidente ni reúne las condiciones deseables. Por una parte, la amplitud de temas a tratar en un EsEIA, que van desde aspectos tecnológicos a los naturalistas y socioeconómicos, lleva consigo la imposibilidad actual de que ninguno de los profesionales existentes, o que se están formando en nuestros centros universitarios, tenga los conocimientos suficientes para realizar todas las fases de este tipo de estudios. Es necesario acudir, por tanto, a la formación de grupos interdisciplinares, lo cual, además de incrementar fuertemente los costes, si se quiere contar con buenos especialistas, trae como consecuencia la obligación de un entendimiento entre personas cuya propia especialización se ha producido a través de la creación de lenguajes (jergas) que facilitan la comunicación entre

los miembros de cada actividad profesional, pero la limitan fuertemente con los de otras ramas del conocimiento. Salvo raras excepciones, el resultado es que cada uno tiende a realizar su trabajo independientemente, dando su visión en su propio lenguaje, con el resultado de que el EsEIA es un mero proceso de apilamiento de diferentes capítulos, cerrados en sí mismos y carentes de integración.

2º.- Otro problema es que el EsEIA se realiza normalmente sobre proyectos finalizados desde el punto de vista tecnológico y económico. Es decir, en la práctica no hay un trabajo conjunto de los autores del proyecto y los del EsEIA para mejorar al primero, sino que se trata de un estudio acabado (el proyecto) al que se añade un capítulo final de consideraciones ambientales (el EsEIA) que pueden mitigar algunos daños pero que, generalmente, ha perdido la posibilidad de influir sobre la ubicación más adecuada del proyecto. Esto se debe al hecho de que se ha avanzado en el sentido de que se admite que el medio natural y el uso sostenido de los recursos deben ser considerados, pero no ha entrado, con la intensidad que debiera haberse producido, la idea de que el espacio no es homogéneo, sino que presenta grandes diferencias de sensibilidad frente a una determinada actuación y que la selección del emplazamiento adecuado es, con mucho, el aspecto de mayor interés para la conservación de la calidad ambiental.

3º.- Falta información disponible en la forma adecuada de muchos campos del medio natural. Así, apenas hay cartografía de suelos con el contenido y las escala de trabajo necesarias para este tipo de estudios y la información sobre hidrogeología, geomorfología, vegetación, fauna, usos del suelo,... es escasa, difícil de obtener por su dispersión y la que existe está realizada con objetivos muy diversos, por lo que no es directa o fácilmente utilizable. Esta situación se presta a que cada EsEIA elabore su propia documentación básica a través de ampliaciones de la información cartográfica de escalas generales, con listados o inventarios de

especies de lugares más o menos próximos, etc., con lo que se producen muy frecuentemente situaciones de desconocimiento, falta de información o baja calidad de la misma.

Por otra parte, la realización de estudios específicos para cubrir estas deficiencias es extremadamente costosa si tiene que realizarse un trabajo de investigación por profesionales de valía reconocida. La conclusión es que hace falta disponer de una documentación básica homogénea y disponible para cualquier tipo de EsEIA de la mayor parte de los elementos fundamentales del medio natural, que debe ser realizada a una escala cartográfica adecuada, por profesionales competentes y con el objetivo de poner de manifiesto los valores, componentes y dinámica del medio natural que pueden verse afectados por las diferentes actuaciones. La elaboración del "Plan Nacional de Cartografía Ambiental" a escalas 1:50.000 y 1:25.000, iniciado en 1996, podría corregir esta situación.

4º.- Hay grandes disparidades en la selección de los proyectos para los que se exige un EsEIA tanto a escala espacial (diferentes criterios por Autonomía) como sectorial, con una importante indefinición acerca de los motivos por los que puede exigirse o recomendarse la realización de un EsEIA. La nueva Directiva 85/337/CE de 21 de abril de 1994 puede paliar este problema.

5º.- La falta de protección real del medio natural que conlleva el análisis de cada proyecto o actuación de manera aislada y sin tener en cuenta una planificación global. Es muy socorrido el ejemplo de las repoblaciones forestales, donde haciendo varias actuaciones con una ocupación de terreno inferior al establecido por el Reglamento de los EsEIA se pueden producir efectos no deseados que se hubiesen impedido o limitado si se tratase de un único proyecto. Por lo mismo, un espacio puede admitir un determinado proyecto y en cambio experimentar graves daños cuando se instalan varios similares.

Esta situación surge de que el EsEIA se realiza para cada proyecto y no forma parte, al menos en su redacción actual, de un proceso de

planificación global ni es aplicable a los Planes Generales que, en la mayor parte de los casos, son los responsables de las principales afecciones. La aplicación de la nueva directiva sobre "*Prevención y Control Integrado de la Contaminación*" viene a cubrir en parte esta disfunción.

6º.- En muchos casos el EsEIA acaba convirtiéndose exclusivamente en un documento que se entrega a la Administración como un trámite más que únicamente demuestra que se respeta la legislación vigente. Además, la estructura de nuestra administración, fuertemente sectorizada por su herencia napoleónica y la formación corporativa y especializada de sus técnicos, no resultan el marco más adecuado para una actividad que requiere integración de conocimientos y decisiones globales, por encima de los intereses sectoriales. Además de mejorar la cualificación de los técnicos de la Administración, especialmente la científica y tecnológica, un aspecto importante para mejorar la eficacia de los EsEIA es el del órgano administrativo del que deben depender siendo bastante lógico que se le adjudique a un órgano suprasectorial ligado a los poderes de decisión de mayor rango.

NUEVAS PERSPECTIVAS DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL

A pesar de los problemas derivados del hecho de que los EsEIA sean un procedimiento administrativo, que tiene que cumplir una determinada normativa y de la situación en que se realizan, hay un consenso elevado en que se trata de una figura importante en la mejora de la economía global de los proyectos y en su aceptación por la sociedad. Por ello, las modificaciones previstas en este procedimiento van en la línea de incrementar el esfuerzo de conocimientos de los efectos ambientales de nuestras actuaciones y, al mismo tiempo, obligar a la realización de un proceso cognitivo negociado, que sea democrático y, en lo posible, respetuoso con las minorías. En este sentido, la modifica-

ción de la Directiva 85/337/CE aprobada por la Comisión el 21 de abril de 1994, y publicada en el DOCE el 5 de Mayo de 1994 establece varios puntos importantes:

a) Obligación de realizar siempre EsEIA in extenso y no sistemas simplificados.

b) Incrementar el número de actuaciones que requieren EsEIA recomendándose que la mayor parte de las actividades listadas anteriormente en el anexo II sean incluidas progresivamente.

c) Exigir que en el EsEIA exista un sistema de consultas previas a organismos afectados, administrativos, públicos y particulares que, hasta ahora, era facultativo. También se establece que los Organos Administrativos deben realizar consultas y que los diferentes informes emitidos se tengan en cuenta en el procedimiento de autorización, lo que hasta ahora solo tenía valor consultivo.

EL PAPEL DE LA CIENCIA DEL SUELO EN LOS ESTUDIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Como ya se ha dicho los EsEIA exigen un esfuerzo interdisciplinar, capaz de integrar conocimientos de especialidades muy diferentes y, sobre todo, de comprender la dinámica de los sistemas naturales y prever las consecuencias de nuestras actuaciones sobre ellos. Debido a la superespecialización de nuestras ciencias y tecnologías, la comprensión de los conocimientos de las distintas materias se vuelve difícil y mucho más lo es la capacidad de integrarlos para predecir las posibles modificaciones del medio. Esta sería dificultad, sin embargo, es un factor favorable para los especialistas en Ciencia del Suelo, al menos para los edafólogos clásicos acostumbrados a analizar los factores de formación del suelo, a entender e integrar conocimientos geológicos, mineralógicos, meteorológicos, topográficos, botánicos, etc., y a desentrañar, por medio del trabajo de campo y laboratorio, las rutas evolutivas del desarrollo

de los suelos en respuesta a la acción de los factores del medio y del hombre. El análisis de los factores de formación y de la génesis de los suelos permite comprender el funcionamiento de los sistemas superficiales, las perturbaciones naturales o antrópicas y el efecto de la "flecha del tiempo", siendo este aspecto dinámico la clave para la comprensión de las posibles respuestas del sistema a las actuaciones del proyecto.

Por otra parte, la propia metodología de la Ciencia del Suelo es una síntesis de los métodos desarrollados en otras ciencias más básicas y eso facilita al edafólogo generalista no al superespecializado la capacidad de comprender los diferentes lenguajes y de interactuar y servir de enlace entre profesionales muy diversos.

La importancia de los conocimientos sobre el suelo en los procesos de EIA es, por otra parte, obvia ya que la casi totalidad de los proyectos se realizan sobre un "suelo" que tiene un valor, unas funciones y una sensibilidad frente a cada tipo de uso. Hasta la fecha, el valor del suelo contemplado en los proyectos es, casi exclusivamente, el del "precio" y éste, aunque también está determinado en parte por cualidades del suelo, lo cierto es que en nuestras sociedades es mucho más dependiente de su localización espacial respecto a las expectativas de desarrollo urbanístico, industrial o comercial. Por ello, es necesario insistir en que en la concepción actual en que se enmarcan los EsEIA la valoración de un proyecto debe ser integral, es decir incluyendo los costes ambientales y el deterioro o la pérdida de valor que pueda producirse en la calidad ambiental y en los recursos naturales. En este sentido, el suelo no es únicamente un soporte inerte del que sólo nos interesa su localización espacial, sino que, a través de sus funciones, es en gran medida el responsable de la calidad de los otros sistemas superficiales, como el agua, aire y biosfera, mucho más sensibles a los impactos.

El suelo, por medio de su organización y componentes activos (coloides y organismos), realiza un gran número de funciones que afectan a la práctica totalidad de los ciclos

biogeoquímicos. Además de sus funciones como soporte físico, productor de alimentos y fibras, el suelo tiene la función fundamental de ser el compartimento biogeoquímico con mayor capacidad para regular los flujos de elementos en los sistemas superficiales. Es decir, el suelo es un sumidero, más o menos efectivo, que impide o ralentiza la velocidad de circulación de muchas sustancias nocivas que, de otro modo, pasarían rápidamente a los sistemas más sensibles produciendo su rápido deterioro y, por medio de ello, afectarían a nuestra salud. Este comportamiento del suelo, en el que actúa como un reactor complejo y, simultáneamente, como un reactivo polifuncional, capaz de actuar sobre un gran número de sustancias con diferentes mecanismos (tabla 3) es esencial para determinar la movilidad en la biosfera de los posibles contaminantes liberados en el desarrollo del proyecto.

También es cierto que, determinados "suelos" o materiales expuestos en la superficie, están actuando como fuentes de contaminación para su entorno y que estos procesos se producen cuando el suelo no dispone o ha sido supe-

rada su capacidad de transformar, neutralizar o retener los contaminantes, lo que nos lleva a la necesidad de comprender a qué llamamos suelo y cuáles son las condiciones en que se producen esas situaciones negativas para el medio, a fin de prevenir y evitar su aparición.

Las definiciones de suelo son muy diversas. Hay situaciones en las que el término se aplica sin ninguna duda pero, en los últimos años, algunos autores han ampliado este concepto a otras formaciones superficiales, naturales o antrópicas. Las ideas introducidas entre otros por Fanning y Fanning (1989), la FAO (1990), amplían el concepto de suelo a una serie de materiales, localizados en la superficie terrestre, cuyo comportamiento puede comprenderse aplicando los conocimientos sobre los procesos edáficos y las propiedades físico-químicas de los componentes del suelo. De esta forma, acúmulos de residuos urbanos o industriales, escombreras de minas, paredes verticales abiertas en las excavaciones, escombros y ruinas de edificación, mezclas de materiales naturales y artificiales, carreteras abandonadas, etc., han sido designadas con el término de

Tabla 3.- El Suelo: reactor, reactivo y sistema de regulación de los procesos superficiales.

FACTORES EXTERNOS	COMPONENTES	OPERACIONES	MECANISMOS	ACTUA SOBRE
Energía solar	Atmósfera	Filtración	Procesos metabólicos	Seres vivos
Atmósfera	Hidrosfera	Descomposición	Complejación	Componentes orgánicos
Hidrosfera	Litosfera: - esqueleto - plasma	Neutralización	Disolución - precipitación	Componentes inorgánicos
Biosfera	Biosfera	Inactivación	Ácido-base	Coloides
Materiales y procesos geológicos		Regulación: - concentración - movilidad	Redox	Otros
			Interacciones superficiales - Cambio iónico - Adsorción	

suelo por diferentes autores. El fuerte incremento de la extensión ocupada por estos "Antrosoles", y la importancia de los problemas que generan, obliga a realizar la aplicación de los conocimientos adquiridos en el estudio de los suelos tradicionales y a ampliar nuestro concepto de suelo, tanto por razones de disponibilidad de técnicas y conocimientos aplicables como por otras más egoístas, de supervivencia de nuestra especialidad, ya que si no lo hacemos así el lugar del edafólogo será cubierto por especialistas de otras ramas.

Con este enfoque una posible definición de suelo podría ser la de *"cualquier material, natural o antrópico, expuesto sobre la superficie terrestre, que haya dado lugar, o sea capaz de hacerlo, a un tipo de organización de sus componentes que cumpla las funciones del suelo y sea capaz de evolucionar a lo largo del tiempo a través de su interacción con la atmósfera, hidrosfera, biosfera y litosfera"*. Con este concepto se incluyen los estadios iniciales de todos los materiales originales posibles de suelos, junto con sus sucesivas etapas de desarrollo, y se hace hincapié en que lo fundamental de la definición son sus **funciones** y, dentro de ellas, la capacidad de interactuar con los otros compartimentos superficiales. El papel de la organización es clave, ya que si algo diferencia a los suelos y posibilita el desarrollo de sus funciones es la capacidad para permitir la instalación de los organismos en su interior, así como la circulación del aire y del agua a su través, todo lo cual permite la existencia de ciclos metabólicos y geoquímicos en los que se producen transformaciones de los componentes y una cierta conservación de la energía. Es decir que, en último término, *el suelo es el material original o roca madre más la energía*, a diferencia de otros sistemas superficiales disipativos.

Siguiendo en esta línea el *"suelo contaminado"* sería aquél que ha perdido la capacidad para desarrollar su función protectora y reguladora de los sistemas superficiales, es decir *todo suelo que ha sufrido modificaciones de su composición o*

función que afectan a su calidad y, a causa de ellas, originadaños a los sistemas hídricos, bióticos o atmosféricos y/o perturba significativamente, y a largo plazo, los ciclos biogeoquímicos propios de su entorno.

Otro aspecto fundamental de la importancia del conocimiento del suelo en los EsEIA deriva del hecho de que todo proyecto se hace sobre un espacio que no es homogéneo, sino que presenta amplias variaciones de sus aptitudes, limitaciones y sensibilidad. Dada la necesidad de conocer estas diferencias en forma cartográfica, las técnicas desarrolladas por la Edafología para identificar la variabilidad de la distribución de los suelos en el paisaje y para caracterizar el comportamiento de las diferentes unidades de suelos son de gran utilidad. En la tabla 4 se resumen algunos datos edáficos de interés en los EsEIA.

A la vista de esta capacidad de información, teniendo en cuenta la potencialidad tecnológica actualmente existente y dadas las importantes diferencias de aptitudes y, sobre todo, de sensibilidad frente al uso de las diferentes unidades cartográficas de suelos puede afirmarse que la *"capacidad de acogida del suelo"* es el factor clave para que un desarrollo sea procedente o deba buscarse un emplazamiento más adecuado al mismo. Como ya se ha dicho, *la comprensión de la reacción, más que la de la acción, es la clave de la EIA* y, en este sentido, el suelo es, además del medio sobre el que se llevan a cabo los proyectos, el principal sistema de regulación de los procesos superficiales. Basta con analizar las interacciones del suelo con los factores externos, los componentes del suelo y su capacidad de respuesta frente a las modificaciones del medio, las operaciones que puede realizar un suelo, su capacidad de actuación sobre diferentes elementos y la diversidad de mecanismos que puede poner en funcionamiento para comprender el papel central del suelo en los EsEIA.

Si a ello añadimos su heterogeneidad espacial y su capacidad para evolucionar en el tiempo en respuesta a los cambios que se ejer-

Tabla 4.- Algunas aportaciones de la Ciencia del Suelo a las evaluaciones de impactos ambientales

<p>1.- Conocimiento de la variabilidad espacial de los suelos ocupados o afectados por el proyecto. Documentación cartográfica con escalas y leyendas adecuadas (cartografía taxonómica y temática).</p>
<p>2.- Conocimiento de la dinámica actual y potencial de los suelos.</p> <ul style="list-style-type: none"> * Componentes activos: <ul style="list-style-type: none"> - coloides (naturaleza, superficie específica, carga superficial,..) - organismos * Condiciones físico-químicas: pH, Eh, CE,... * Organización: espacio poroso, circulación aire y agua * Calidad inicial del suelo: de acuerdo con sus propiedades físicas y químicas y respecto a los siguientes aspectos: efectos sobre la salud humana, sobre el estado del ecosistema (agua, biota y atmósfera) y sobre el funcionamiento como regulador de los ciclos biogeoquímicos (relaciones sumidero-fuente y nivel inicial de contaminantes).
<p>3.- Aptitudes y limitaciones para los usos actuales y potenciales: Sistemas de Evaluación de Suelos</p>
<p>4.- Sensibilidad (Vulnerabilidad) actual y previsible durante el funcionamiento del proyecto con y sin medidas correctoras. Análisis de las interacciones suelo-proyecto respecto a capacidad de filtración, tamponización y transformación de sustancias:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Filtración mecánica y precipitación química. - Interacciones superficiales: cambio iónico y adsorción. - Reacciones de complejación. - Degradaciones fotolíticas y otras oxidativas. - Degradaciones reductoras. - Procesos metabólicos.
<p>5.- Cambios previsibles en la calidad del suelo y sus efectos sobre el hombre, ecosistemas (agua, aire y biosfera) y ciclos biogeoquímicos (relaciones sumidero-fuente).</p>

cen sobre los sistemas superficiales, tanto por causas naturales como antrópicas, queda claro que es un elemento clave en la definición de la capacidad de acogida (o sensibilidad) de cada territorio respecto a una determinada actuación. Por ello no es exagerado decir que el éxito de un proyecto viene dado, en la mayor parte de los

casos, por la elección adecuada del lugar de instalación y, por el contrario, una ubicación inadecuada será fuente de problemas ambientales y de un incremento de los costes, bien por medidas de corrección de las limitaciones del suelo, bien por actuaciones de mantenimiento y/o recuperación.

EL CONCEPTO DE CARGAS CRÍTICAS: AMPLIACIÓN Y POSIBILIDADES DE UTILIZACIÓN

Al mismo tiempo que se han puesto en funcionamiento los EsEIA se han desarrollado nuevos conceptos acerca del comportamiento del medio natural frente a los impactos que son susceptibles de ser utilizados en el diseño y planificación de las actividades humanas. Una de las nuevas aportaciones que parecen contar con una mayor aplicabilidad en los próximos años es la de "Carga Crítica"; concepto que viene aplicándose para tomar medidas precautorias que eviten el incremento de la concentración de determinados contaminantes.

El concepto de "Carga Crítica de Contaminante" es entendido como la *máxima cantidad de un componente dado, que, a largo termino, no causaría efectos dañinos sobre la estructura y función de los ecosistemas, de acuerdo con los conocimientos actuales*". Es decir, la máxima cantidad de un contaminante que cada sistema podría tolerar sin daños. Esta definición sería aplicable para cada tipo o asociación de contaminantes tanto a sistemas naturales como a las obras producidas por el hombre.

La fuente precisa del origen del concepto "Carga Crítica" es confusa. Ideas próximas sobre la respuesta de los ecosistemas acuáticos a ciertas cargas de contaminantes fueron consideradas en la década de los 70 por Almer (Almer *et al.*, 1978). Hacia el fin de la década, el concepto de una "Carga Aceptable de Contaminantes" fue discutido en Canadá. El término fue posteriormente utilizado en la Conferencia de Estocolmo en 1982 y promocionado por investigadores y políticos escandinavos (Nilsson 1986; Nilsson y Grenfelt, 1988). Hacia el fin de la década de los 80 el concepto fue admitido por la "Convention on Long Range Transboundary Air Pollution" para definir las estrategias de reducción de las emisiones de S y N, en primer lugar y, posteriormente, de otros contaminantes como O₃, metales pesados y sustancias orgánicas volátiles o persistentes.

El concepto de Carga Crítica está teniendo un importante desarrollo. Su aplicación parte de la idea de que es posible determinar las curvas de respuesta de los sistemas naturales, o mejor de las partes más sensibles de los sistemas naturales, frente a los diferentes contaminantes producidos por las actuaciones humanas. Esto obliga a determinar cuáles son esos elementos sensibles y a definir qué se entiende por efectos dañinos significativos, lo que no siempre resulta fácil de determinar. Sin embargo, conceptualmente queda claro que para cada ecosistema y contaminante, la *Carga Crítica* es un punto en la curva de respuesta de los daños (efectos) frente a la adición de un contaminante a partir del cual un nuevo aporte supondría la aparición de daños reconocibles en la estructura, composición o funcionamiento del ecosistema. Hay, por tanto, una interacción entre la dosis de contaminante y la naturaleza o sensibilidad de cada sistema que, a pesar de presentar una gran variabilidad espacial debido a características climáticas, biológicas, edafológicas, hidrogeológicas, etc., debe ser comprendida y cartografiada.

En general, se suelen utilizar efectos biológicos conocidos de los aportes contaminantes sobre una o más partes sensibles del ecosistema, para, posteriormente, "derivar" criterios químicos que pueden ser posteriormente confrontados con las cargas de contaminantes de forma numérica, generalmente a través de modelos de equilibrio.

La determinación de las Cargas Críticas de modo cartográfico permite definir las zonas con exceso, evaluar su origen y tomar decisiones que corrijan los daños. Esto último llevaría a la determinación de las "Cargas-objetivo" que, además de tener en cuenta la sensibilidad del medio, se basarían en consideraciones socioeconómicas. De ahí que pueden ser mayores, iguales o menores que las Cargas Críticas establecidas por procedimientos estrictamente científicos.

Otro aspecto que puede resultar importante es el desarrollo y ampliación de la noción de

Carga Crítica para que se utilice no sólo para los efectos de los contaminantes sino también para los efectos de cualquier otra actividad, tal como silvicultura, agricultura, ganadería, etc. estableciendo la respuesta del medio o del suelo a cada uno de los niveles de actuación que se pretenden.

La introducción de conceptos como el de Cargas Críticas en los EsEIA presenta varias ventajas. Por una parte, el concepto de Carga Crítica aplicado a los contaminantes que puede producir la realización y funcionamiento de un determinado proyecto y a los principales usos potenciales del suelo permite sectorizar el espacio en zonas con diferentes grados de sensibilidad frente a dichos impactos y cuantificar la disminución de la capacidad de amortiguación del sistema que se produciría. Asimismo, permite elaborar una cartografía en la que pueden representarse las diferencias de sensibilidad del espacio frente a los impactos, que sería de gran utilidad para la selección previa de los lugares de instalación de determinadas actividades en aquellas zonas de mayor capacidad de amortiguación, evitándose así los costes derivados de las medidas de corrección extraordinarias que deben realizarse en las áreas sensibles.

La utilización del concepto de Carga Crítica y su ampliación a los diferentes impactos puede resultar importante para definir con mayor objetividad y carácter cuantitativo, las interacciones que se producen entre un proyecto y el medio, actualmente definidas a través de sistemas como los de la matriz de impactos o los criterios de responsabilidad compartida que resultan claramente insuficientes, cualitativos y susceptibles de ser subjetivados por la visión de los profesionales que realizan este proceso. Además, el concepto de Carga Crítica permite la protección de los ecosistemas frente a las agresiones producidas y permitidas por una serie de actuaciones, cada una de ellas por sí mismo tolerables, pero cuyo conjunto supera la resistencia del medio natural o su capacidad de utilización sostenida.

Por ello, además de las reformas necesarias

en los procedimientos, nivel de formación de los profesionales que realizan los EsEIA y de la Administración que los controla, cantidad y calidad de la documentación básica existente, etc., parece adecuado introducir nuevos conceptos, como el de Cargas Críticas de Suelos, tanto de los distintos contaminantes como de las actuaciones sobre ellos o las demandas de producción, de modo que se disminuya la subjetividad actualmente existente en la valoración de los daños potenciales y se marquen claramente unos límites o umbrales de modificación del medio que no puedan ser superados para cada tipo de situación socioeconómica y grado de sensibilidad del propio espacio.

REFERENCIAS

- Almer, B.; Dickson, W.; Ekstrom, C. & Hornstrom, E. (1978). Critical loads for sulfur and nitrogen, 232 pp. Nordic Council of Ministers, 1986. Nordisk ministerråd, miljörappport 1986:11.
- Anderssen, B.; Dickson, W.; Eriksson, E.; Henriksen, H.; Kamari, J.; Nilsson, I.; Nilsson, J. (1986). Critical loads for sulfur and nitrogen, 232 pp. Nordic Council of Ministers, 1986. Nordisk ministerråd, miljörappport 1986: 11.
- Baggs, S.A. (1982/83). A simplified method for quantifying environmental impacts in the landscape planning/design process. *Landscape Planning*, **9**, 227-247.
- Chesworth, W. (1992). Weathering Systems. In "Weathering, Soils & Paleosols" ed. by Martini, I. P. & Chesworth, W. Elsevier. 19-40.
- Clark, B.D. & *et al.* (1980). A Manual for Assessment of Major Development Proposals. Aberdeen University for the Department of the Environment. London. 46 pp.
- Clark, B.D.; Gilad, A. (1984). Perspectives on Environmental Impacts Assessment. Ed. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, The Netherlands.

- De Montgolfier, J.; Bertier, P. (1978). Approche multicritère des problèmes de décision. Ed. Hommes et Techniques, Suresnes, 248 pp.
- Fanning, D.S. and Fanning, M.C. (1989). Soil morphology, genesis and classification. John Wiley and sons. New York. 395 pp.
- FAO. (1990). Mapa Mundial de Suelos. Leyenda revisada. *Informes sobre Recursos Mundiales de suelos*, 60. FAO. Roma.
- Kennedy, W.V. (1988). Environmental impact assessment and bilateral development aid: an overview. In Wathern, P. (ed.) *Environmental Impact Assessment: Theory and Practice*. Unwin Hyman, London.
- Lee, N. (1989). Environmental Impact Assessment: a Training Guide. Occasional Paper 18, EIA Centre, University of Manchester, 184 pp.
- Leopold, L.B.; Clarke, F.E.; Hanshaw, B.B. & Balsley, J.R. (1971). A Procedure for Evaluating Environmental Impact. U.S. Geological Survey, Circular 645, Washington D.C.
- Nilsson, (1986). Critical loads for sulfur and nitrogen. Miljörappport 1986:11. Nordic Council of Ministers, Copenhagen.
- Nilsson, J.; Grennfelt, P., (ed.). (1988). Critical loads for sulfur and nitrogen- Report from a workshop held at Skokloster, Sweden 19-24 march, 418 pp. UN/ECE and Nordic Council of Ministers, 1988. Nord 1988:15.
- Rau, J.G.; Wooten, D.C. (1980). Environmental Impact Analysis Handbook. MacGraw-Hill, New York, 596 pp.
- Sorensen, J. (1971). A Framework for Identification and Control of Resource Degradation and Conflict in the Multiple Use of the Coastal Zone. Department of Landscape Architecture, University of California, Berkeley.
- Turnbull, G. H. (ed.). (1992). Environmental and Health Impact Assessment of Development Projects. A Handbook for Practitioners. Elsevier Applied Science.
- U.S. Department of the Interior. (1972). Environmental Evaluation System for Water Resources Planning. Battelle Columbus Laboratories, Ohio.
- UN/ECE. (1990a). Draft Manual and on Methodologies and Criteria for Mapping Critical Levels/Loads and Geographic Areas Where They Are Exceeded. Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, Task Force on Mapping, Geneva.
- UN/ECE. (1990b). The Critical Loads Approach as the Basis for Future Abatement Strategies in Europe. (EB.AIR/WG:5/R.9;EB:AIR/GE.2/R.36). Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, Task Force on Integrated Assessment Modelling, Geneva.
- Warner, M.H. and Preston, E.H. (1973). A review of Environmental Impact Assessment Methodologies. Battelle Columbus Laboratories & E.P.A., Washington, D.C.