

EL MARCO DPSIR EN LOS SECTORES DE TRANSPORTE Y AGRICULTURA: NECESIDAD DEL DESARROLLO DE INDICADORES DE IMPACTO EN LAS CATEGORÍAS DE RUIDO Y USO DE SUELO

Daniel Garraín

Vicente Franco

Carlos Muñoz

Rosario Vidal

*Grupo de Ingeniería del Diseño, Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción,
Universitat Jaume I de Castellón (España)*

Abstract

The use of statistical values or environmental measurement results does not suffice to reflect the environmental impact of the sectors of transport and agriculture. Despite its large incidence upon sustainability, decision-making in environmental assessment contexts has usually been based upon the development of simple pressure and state indicators.

In this study, an analysis of environmental indicators developed by several international organisms within the DPSIR (Driving-Force, Pressure, State, Impact, Response) framework was performed. The results seem to confirm that impact indicators do not reflect the real impacts, either upon human beings, other living creatures or natural resources. In the case of transport noise, impact indicators typically reflect exposure and annoyance levels. On the other hand, land use indicators -for both transport and agriculture- are based upon surface occupation data. Thus, further development of indicators is needed in both sectors to more accurately reflect environmental impacts. The application of the Life Cycle Assessment methodology seems adequate in this case, since it allows for the determination of overall impacts attributable to a product or process.

Keywords: *DPSIR, transport, agriculture, noise, land use*

Resumen

La utilización única de valores estadísticos o procedentes de mediciones ambientales no es suficiente para reflejar el impacto medioambiental de los sectores del transporte y de la agricultura. A pesar de su incidencia sobre la sostenibilidad, la toma de decisiones para evaluar el impacto medioambiental se ha basado normalmente en el desarrollo de indicadores simples de presión y estado.

En este estudio se ha realizado un análisis de indicadores medioambientales dentro del marco DPSIR (del inglés, *Driving-Force, Pressure, State, Impact, Response*) desarrollados por diversas organizaciones mundiales. Como resultado se puede comprobar que los indicadores de impacto no reflejan un impacto real, ya sea sobre las consecuencias en el propio ser humano, en otros seres vivos o en los recursos naturales. En el caso del ruido del transporte, estos reflejan generalmente los niveles de exposición y molestia de las personas, mientras que en el caso de la categoría de uso del suelo en ambos sectores, únicamente se presentan datos de ocupación superficial. Por lo tanto, es necesario el desarrollo de indicadores de impacto de las citadas categorías que reflejen el estado medioambiental real. La aplicación de la metodología del Análisis del Ciclo de Vida es muy conveniente para este

desarrollo ya que permite determinar el impacto asociado de forma global a un producto o proceso.

Palabras clave: DPSIR, transporte, agricultura, ruido, uso del suelo

1. Introducción

Los indicadores son una guía muy importante para la toma de decisión al trasladar conocimiento a unidades manejables de información. Pueden utilizarse para medir y calibrar el progreso hacia la mejora del desarrollo sostenible, pueden utilizarse como señales de alarma para prevenir daños económicos, sociales y ambientales, y pueden también utilizarse como herramientas para comunicar ideas, pensamientos y valores. Más concretamente, los indicadores medioambientales resumen extensos datos sobre el medio ambiente y su entorno en información clave, significativa y comparable, a fin de presentar el comportamiento medioambiental de una actividad de manera exhaustiva y cuantificable.

La guía de indicadores para el desarrollo sostenible, publicada por la Comisión para el Desarrollo Sostenible de la Organización para las Naciones Unidas (UNCSD, 2001), se ha considerado como el punto clave para que las naciones desarrollen su propios programas nacionales utilizando indicadores que midan sus progresos hacia el desarrollo sostenible. Desde entonces, otras organizaciones internacionales también han desarrollado conjuntos de indicadores ambientales (OECD, 2003; WB, 2002).

El esquema más completo para organizar la información sobre el desarrollo sostenible es el denominado DPSIR: Causa (Fuerza Motriz) – Presión – Estado – Impacto – Respuesta (del inglés, *Driving force – Pressure – State – Impact – Response*), que define cinco categorías de indicadores. Dicho esquema se puede afirmar que es un avance del propuesto por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico, basado en el modelo DSR, o de la Comisión para el Desarrollo Sostenible de la Organización para las Naciones Unidas, basado en el PSR (EEA, 1999). El planteamiento que proponen estos esquemas se fundamentan en las presiones que ejercen las actividades humanas sobre el medio a la hora de cambiar la calidad y la cantidad de recursos naturales. La sociedad responde a esos cambios a través de políticas ambientales, sectoriales y económicas, creándose de esta forma un bucle hacia las actividades humanas de presión. El modelo tiene una visión excesivamente antropocéntrica y pierde conscientemente la causalidad científica. Sólo aquellos aspectos que se valoran como necesarios para mantener el actual nivel de vida de los países desarrollados son sometidos a evaluación, sin incidir suficientemente en la búsqueda de una verdadera integración del hombre en el medio natural que le rodea. Esto se puede considerar como un grave error, ya que el medio ambiente no puede ser entendido como una serie de compartimentos aislados, sino como un todo, formado por elementos que interactúan entre sí. Debido a esto, la Agencia Europea del Medio Ambiente propuso el marco DPSIR, más completo, y se considera de gran utilidad en la descripción de los orígenes y consecuencias de los problemas ambientales (von Schiller et al., 2003). Los cinco diferentes tipos de indicadores se pueden definir de la siguiente forma:

- D: Los indicadores de causa o fuerza motriz son los factores que influyen las variables relevantes. Una fuerza motriz es una necesidad. Ejemplos de fuerzas motrices primarias en una persona pueden ser la necesidad de vivienda, alimentos o agua, mientras que ejemplos de fuerzas motrices secundarias pueden ser la necesidad de movilidad, entretenimiento o cultura. Un ejemplo de indicador sería el número de vehículos por habitante.
- P: Los indicadores de presión describen las variables que directamente causan los problemas ambientales. Los anteriores indicadores de causa conducen a realizar acciones como el transporte o la producción de alimentos, es decir, acciones que son el

resultado del cumplimiento de una necesidad. Un ejemplo de indicador sería las emisiones de CO₂.

- S: Los indicadores de estado muestran el estado actual del medio ambiente. Como resultado de las presiones, el estado del medio ambiente se ve afectado o, lo que es lo mismo, la calidad de los diferentes sectores ambientales (aire, agua, suelo, etc.) en relación con las funciones que cumplen. Un ejemplo de indicador sería la concentración de metales en el aire en una ciudad determinada.
- I: Los indicadores de impacto describen los últimos efectos de los cambios de estado. Los cambios pueden causar impactos económicos o medioambientales sobre el funcionamiento de los ecosistemas, sus habilidades como soporte vital y, en última instancia, sobre la salud humana y sobre el desempeño económico y social de la sociedad. Un ejemplo de indicador sería el número de personas afectadas por las pérdidas en las cosechas debido al cambio climático
- R: Los indicadores de respuesta demuestran los esfuerzos de la sociedad para solucionar los problemas. Un impacto indeseado causa una respuesta por parte de la sociedad o por parte de los encargados políticos y puede afectar a cualquier parte de la cadena entre las fuerzas motrices y los impactos. Un ejemplo de una respuesta relacionada con las fuerzas motrices es una política para cambiar el modo de transporte (del privado al público), mientras que un ejemplo de una respuesta relacionada con la presión es un reglamento sobre los niveles permitidos de SO₂ en los gases de escape o los impuestos sobre la gasolina.

2. Objetivo y metodología

El objetivo de este estudio es demostrar la necesidad de desarrollo indicadores de impacto en categorías poco desarrolladas en el ámbito de ACV, como la de ruido y la de uso de suelo.

Para ello se realiza un extenso estado del arte de los indicadores dentro del marco DPSIR tanto en estas categorías como en sectores en los que la aplicación de estas categorías puede resultar de gran interés, como es el caso del transporte y la agricultura. Por tanto, se ha recopilado la información precisa y necesaria de informes ambientales publicados por instituciones, gobiernos y organizaciones. En primer lugar se listan, se seleccionan y se dividen los indicadores medioambientales del sector transporte y del sector agricultura a partir de los informes de las instituciones anteriores en el marco DPSIR. Posteriormente, se listan los indicadores medioambientales referidos únicamente a las categorías de ruido y uso de suelo.

3. Resultados y discusión

3.1 Indicadores medioambientales del sector transporte

A partir del informe *“Towards sustainable transport infrastructure”* (EU, 1997), que ha sido uno de los primeros en los que se describía la situación de las infraestructuras del transporte y que enuncia posibles indicadores sobre las infraestructuras del transporte, se han publicado numerosos estudios e informes tanto por instituciones y gobiernos como por investigadores en los que se aboga por el desarrollo de indicadores como herramienta para definir la situación del transporte en lo que a sostenibilidad se refiere. No obstante, parece que no existe un consenso en determinar qué indicadores son los mejores a la hora de caracterizar un transporte sostenible en cuanto a las dimensiones económicas, sociales y medioambientales.

Diferentes organizaciones, consejos o instituciones gubernamentales han demostrado énfasis a la hora de desarrollar y listar indicadores ambientales que contribuyan a la sostenibilidad en muy diversos sectores. Algunas de ellas han desarrollado algunos conjuntos de indicadores sobre el uso de los mismos en las infraestructuras de transporte, fundamentalmente indicadores del tipo presión y estado. Estos indicadores han resultado ser simples, normalmente elaborados con datos estadísticos y mediciones ambientales. A continuación se describen listan algunas de ellas, realizando un comentario sobre el desarrollo o la importancia que les han otorgado a los indicadores de impacto:

- La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico ha publicado un informe (OECD, 1999) en el que presentan indicadores destinados a promover la integración de las cuestiones medioambientales en las políticas de transporte. En el mismo se intenta poner de relieve la interrelación entre las actividades de transporte y los problemas ambientales, y determinar cómo diferentes fuerzas motrices e instrumentos de la política interactúan y afectan a los impactos ambientales del transporte. Además, proporciona una base para el seguimiento de la integración de estos problemas en las políticas de transporte. Los diez indicadores que presenta esta organización se encuentran enmarcados en indicadores del tipo DSR, por lo tanto, no se consideran indicadores ni de impacto ni de presión, siendo la mayoría de estado. Los indicadores que se refieren a emisiones (de gases, de hidrocarburos o residuos) los consideran de estado, cosa que si se enmarcaran dentro del conjunto DPSIR, se podrían considerar de presión. De la misma forma, se podría considerar el indicador de ‘accidentes de tráfico en carreteras’ como indicador de impacto y no de estado.
- El Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, en su informe ‘*Mobility 2030*’ (WBCSD, 2004) presenta las conclusiones finales del proyecto que este consejo ha elaborado para la consecución de una movilidad sostenible. El informe establece un conjunto de indicadores para ayudar a medir la eficacia de las diferentes opciones de transporte para la consecución de unos objetivos prioritarios basados en su mayoría en la movilidad sostenible. Para el cumplimiento de los mismos se definieron un conjunto de doce indicadores que constituyen, a juicio de los autores, las dimensiones más importantes de la movilidad sostenible. Cabe destacar que los indicadores que presenta este consejo empresarial son muy generales, muchos de ellos referidos al sector económico dado el carácter empresarial y financiero de este organismo. Cabría destacar como indicador de impacto el denominado como ‘impacto sobre el medio ambiente y sobre el bienestar social: Emisiones convencionales de gases, impactos sobre el ecosistema, ruido’, pero solamente por lo que se refiere al impacto sobre el ecosistema. El resto de impactos que considera no son tales por referirse únicamente a las emisiones de gases y ruido, considerados del tipo estado o presión.
- Los informes sobre “*Transport and Environment Reporting Mechanism*” (TERM, 2000, 2001, 2002, 2004, 2006, 2007 y 2008) han sido redactados por la Agencia Europea del Medio Ambiente para mostrar la situación, los problemas y tendencias de la integración del transporte con el medio ambiente. Desde el año 2000 estos informes sirven como referencia para el estudio metodológico de los mismos. El principal objetivo de TERM es evaluar los progresos y la eficacia de las estrategias de integración de transporte y medio ambiente. En total ha desarrollado 42 indicadores, los cuales fueron seleccionados y agrupados. Del listado completo únicamente considera de impacto los referidos a la exposición y molestia del ruido, a la fragmentación de los ecosistemas por las infraestructuras de transporte y el de víctimas mortales de los accidentes de tráfico.

Por otra parte, la propia Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA, 2003) ha realizado una revisión del estado del arte y ha desarrollado un conjunto de indicadores de la diversidad biológica, con el objetivo general de identificar las principales cuestiones ambientales referidas al impacto sobre la biodiversidad. Ha presentado un listado de 655

indicadores distribuidos en diferentes sectores o clases relativos al impacto sobre la biodiversidad. De los mismos, once de ellos se corresponden con el sector de infraestructuras y transporte, de los cuales nueve son indicadores de presión, uno de estado y uno de impacto. El que se refiere a impacto se corresponde con el de fragmentación de bosques y paisajes provocados por intersecciones o carreteras. Cabe remarcar que en el caso de la clasificación como de tipo impacto de los indicadores referidos a la fragmentación de territorio, es discutible dicha denominación ya que indica solamente una determinada superficie. También se puede debatir la denominación de la exposición al ruido como indicador de impacto ya que de lo que informa es del estado de la población más que del impacto sobre el ser humano que causa el ruido. Por tanto, el indicador que más se puede aproximar a la denominación de impacto es el referido al número de víctimas mortales de accidentes.

- El libro de bolsillo titulado *'Indicadores de Energía, Transportes y Medio Ambiente'* y desarrollado por Eurostat (2006), comprende un amplio conjunto de datos recopilados por Eurostat y la Agencia Europea del Medio Ambiente. El objetivo de esta publicación era ofrecer una visión general de los indicadores más relevantes sobre la energía, el transporte y el medio ambiente, con especial énfasis en el desarrollo sostenible. Los 23 indicadores desarrollados se corresponden en su mayoría al tipo presión y respuesta. Únicamente cabría destacar como indicador de impacto el denominado como personas fallecidas en accidentes de tráfico.
- La Dirección General de Energía y Transporte de la Comisión Europea ha elaborado el proyecto SUMMA (del inglés *SUstainable Mobility, policy Measures and Assessment*) (EC, 2005), el cual ha sido diseñado básicamente como apoyo para los encargados de formular políticas de transporte, ofreciéndoles un marco coherente para los aspectos económicos, ambientales y sociales de la sostenibilidad en el transporte. Los 22 indicadores desarrollados se han listado según el área de interés ya sea el uso de recursos, la intrusión ecológica directa, las emisiones al aire, las emisiones al suelo y al agua, el ruido y los residuos. Estos indicadores se han correspondido en su mayoría al tipo estado y presión, destacando como indicador de impacto el referido a la pérdida de territorio natural. El indicador de ruido se ha referido al estado o nivel de exposición de la población.

Dentro de la misma Comisión Europea, Sorensen et al. (1999), del Laboratorio Estadístico Europeo (ESL), desarrollaron un proyecto sectorial sobre el transporte, el cual está basado principalmente en datos estadísticos. Los 66 indicadores desarrollados se han listado según el tipo de problema medioambiental ya sea la contaminación del aire, el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, el medio ambiente marino y las zonas costeras, la capa de ozono, el agotamiento de recursos, la dispersión de sustancias tóxicas, los problemas ambientales urbanos, los residuos y la contaminación del agua y los recursos hídricos. Los indicadores son en su mayoría de presión, destacando como indicadores de impacto los referidos a la pérdida de territorio natural, la fragmentación del mismo y los accidentes de tráfico.

El Instituto para el Medio ambiente y la Sostenibilidad (IES) de la propia Comisión, ha redactado un informe en el que ha seleccionado 55 indicadores para el transporte y la sostenibilidad dentro del marco DPSIR (EC, 2007). Los indicadores los ha clasificado según la dimensión a la cual se refiere ya sea económica, social, medioambiental, técnica y operacional y, finalmente, institucional. Los indicadores desarrollados han sido en su mayoría de causa, presión y respuesta. Los indicadores de impacto son los referidos a víctimas de accidentes y a la emisión de contaminantes y transporte de materiales peligrosos, los cuales se podrían considerar como de presión y estado ya que no indican impacto alguno sobre el hombre o el medio.

- El Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino de España publica anualmente un informe de la situación medioambiental en España de diversos sectores mediante una serie de indicadores (MMA, 2008). El objetivo principal es la difusión de información sobre el estado del medio ambiente y de los principales aspectos que lo condicionan. Se trata del único informe de ámbito nacional sobre medio ambiente basado en indicadores. En el informe se han listado siete indicadores junto con las metas a las cuales se pretende llegar. Estos indicadores son en su mayoría de presión, destacando como indicador de impacto el referido a accidentalidad de los vehículos.

3.2 Indicadores medioambientales del sector agricultura

Al igual que en el sector transporte, a continuación se muestran algunas de las prestigiosas organizaciones, instituciones y organismos a nivel mundial, europeo y español que han desarrollado indicadores referidos a la agricultura y al medio ambiente. En todas ellas se ha resaltado la contribución realizada para la elaboración de indicadores de impacto.

- En el informe sobre la situación medioambiental de la agricultura de los países de la Organización para el Desarrollo y Cooperación Económica desde 1990 (OECD, 2008) se presentan dos listados completos de indicadores ambientales agrícolas, los cuales se han referido a los temas de suelo, agua, aire, biodiversidad, gestión del terreno agrícola y entradas agrícolas. En total se han desarrollado setenta y cinco indicadores. Hay que recordar que los indicadores que presenta esta organización se encuentran enmarcados en el marco DSR. Del análisis se puede concluir que la mayoría pertenecen a la categoría de indicadores de estado y causa. El único indicador que podría considerarse como del tipo impacto es el referido al impacto del uso del agua sobre la salud de los ecosistemas y especies.
- La Comisión Europea ha realizado un informe (EC, 2001) en el que se presentan los datos necesarios para compilar indicadores medioambientales referidos a la agricultura, junto con las medidas previstas para que los datos sean suministrados de forma correcta y fiable. Los 38 indicadores desarrollados se encuentran clasificados por temas ya sea por política pública, señales de mercado, tecnología y capacidades, uso de entradas, uso del suelo, agotamiento de recursos, biodiversidad, recursos naturales, paisaje, entre otros. En este informe se contempla la diferenciación entre indicadores dentro del marco DPSIR. No obstante, los indicadores de impacto que muestra se podrían considerar más afines a los tipos de presión o de estado ya que no indican impacto alguno sobre el hombre o el medio, por referirse a uso del agua, emisiones de gases, contaminación por nitratos o diversidad agrícola.
- La Agencia Europea del Medio Ambiente ha realizado una revisión del estado del arte y ha desarrollado un conjunto de indicadores de la diversidad biológica (EEA, 2003), con el objetivo general de identificar un conjunto que abarque las principales cuestiones ambientales referidas al impacto sobre la biodiversidad. En el caso de agricultura han definido noventa y un indicadores. De este conjunto solamente nueve son estrictamente del tipo impacto. Estos se refieren en su mayoría a la fragmentación de territorio y a las áreas expuestas o predispuestas a ser contaminadas, por tanto, bastante discutibles su denominación debido a que no indican un grado de impacto y sí un determinado estado. No obstante existen dos que reflejan el impacto provocado por los cambios en el terreno, como el referido a número de especies en peligro de extinción o el grado de degradación del suelo.
- La Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (UN-FAO) ha elaborado un compendio de indicadores basado en el marco PSR (FAO, 2003). El listado lo ha organizado con la intención de estudiar el estado del medio ambiente agrícola en diferentes regiones del mundo. Para realizar el análisis y comprender las

áreas de preocupación reales, los indicadores desarrollados han recibido el apoyo de diferentes instituciones regiones y nacionales. En el listado de veintitrés indicadores se diferencian: cuatro indicadores de presión relativos a la producción, la producción agrícola, la tierra y el trabajo para indicar la presión de la actividad agrícola en tierras agrícolas; quince indicadores de estado que muestran la evolución y estado actual de las tierras agrícolas entre los que se destaca la importancia de la actividad agrícola en el país y entre los trabajadores, la distribución del uso de la tierra, el uso de productos y mecanismos agroquímicos y el estado de las tierras de regadío; y cuatro indicadores de respuesta para indicar la respuesta de la actividad agrícola en las tierras de dos maneras diferentes: mirando a la tierra y la productividad del trabajo, y por la respuesta de la sociedad y la comunidad internacional en la provisión de recursos para la mejora.

- El informe de indicadores que publica anualmente el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino de España (MMA, 2008) afirma que la agricultura sigue representando, junto con la industria de transformación y comercialización de productos agrícolas, uno de los más importantes sectores económicos y sociales, debido a su papel como suministrador de alimentos a la sociedad, de materias primas a la industria agroalimentaria y por constituir la principal actividad económica y fuente de empleo del medio rural, evitando así el abandono de estas zonas. La relación entre agricultura y medio ambiente puede analizarse en torno a tres ejes (MMA, 2008): contaminación (debida a nitratos y otros nutrientes, residuos de plaguicidas, salinización, emisiones, deposiciones de amoníaco y metano); destrucción de los recursos naturales (uso inadecuado del agua y del suelo, destrucción de la cobertura seminatural del suelo, destrucción de la biodiversidad relacionada); y conservación y mejora del medio ambiente (creación o conservación de paisajes y de hábitats, conservación de diversidad genética, producción de fuentes de energía renovables). Los cinco indicadores desarrollados, junto con las metas que se pretenden conseguir, se corresponden a indicadores de consumo, áreas y valor económico, considerados del tipo estado. Por lo tanto, no se presenta ningún indicador de impacto.

3.3 Indicadores medioambientales de las categorías de ruido y de uso de suelo

La mayoría de indicadores medioambientales que han sido desarrollados por organismos, instituciones u organizaciones suelen ser representativos de las categorías de impacto que con más frecuencia se seleccionan en los ACV, como el efecto invernadero o calentamiento global, la disminución de la capa de ozono, la acidificación, la eutrofización, la ecotoxicidad humana y ambiental, los precursores de ozono troposférico, el agotamiento de recursos abióticos, el consumo de energía, etc. Existen otras a las cuales se les otorga menos importancia o no se las considera directamente a la hora de desarrollar indicadores, principalmente porque todavía no se han desarrollado metodologías fiables. Las categorías de uso de suelo o ruido son un claro ejemplo de este problema.

En la actualidad, el desarrollo y la aplicación de indicadores referidos a estas categorías resulta una tarea ardua y compleja debido a que existe una gran indefinición sobre los parámetros a considerar y la metodología a seguir, y ya no sólo en referencia a los indicadores de impacto, sino al conjunto de indicadores que se pueden desarrollar dentro del marco DPSIR.

Muy pocas organizaciones o instituciones han desarrollado y siguen desarrollando indicadores exclusivos para las categorías de impacto de ruido y uso del suelo. De entre ellas cabe destacar:

- La Agencia Europea del Medio Ambiente, que en el apartado ‘temas’ o ‘*topics*’ de su página web (www.eea.europa.eu) trata estas categorías y presenta diversos indicadores.

En el caso de ruido, La Agencia Europea del Medio Ambiente presenta esta categoría afirmando que el ruido ambiental afecta a muchos europeos, que la población lo percibe como uno de los principales problemas medioambientales y que puede afectar a las personas tanto desde el punto de vista fisiológico como psicológico e interferir con actividades básicas como dormir, descansar, estudiar y comunicarse. Aunque estos efectos sobre la salud humana se conocen desde hace tiempo, en investigaciones recientes se ha observado que se presentan con unos niveles de ruido inferiores a los que se consideró con anterioridad (www.eea.europa.eu). En este apartado, el indicador que presenta está enlazado con los temas relacionados con el transporte y con el medio ambiente urbano. Estos indicadores reflejan básicamente la exposición y molestia de las personas al ruido provocado por el uso de las infraestructuras de transporte, identificándose como un indicador de estado. Como se ha comprobado en apartados anteriores, este indicador ha sido considerado de tipo impacto por otras organizaciones. Se puede observar que el uso del mismo conlleva resultados de cuantificación de la población afectada por niveles superiores a los límites establecidos y de personas molestas, pero no lleva a evaluarse el impacto o daño que puede causar sobre el ser humano. Por lo tanto, la consideración del tipo estado sería la forma más correcta de clasificar este indicador.

En el caso del uso del suelo, la agencia plantea que Europa es un mosaico de paisajes que reflejan el revolucionario patrón de cambios que ha seguido el uso del suelo en el pasado. En la actualidad, los cambios, aunque menos drásticos y llamativos, siguen alterando el paisaje y el medio ambiente, a causa de las huellas que deja el uso del suelo, a menudo irreversibles y duraderas. Prácticamente en todas partes está aumentando la tensión que plantea la elección entre la necesidad de recursos y espacio que tiene la sociedad y la capacidad del suelo de soportar y absorber tal necesidad. A lo que conduce es a unos cambios sin precedentes en los paisajes, los ecosistemas y el medio ambiente (www.eea.europa.eu). Los indicadores que presentan están relacionados con los sectores de agricultura, transporte y medio ambiente urbano y se dividen en tres indicadores de estado (porcentaje de superficie por tipo del suelo, desarrollo de suelo por influencia humana, y uso superficial de suelo por infraestructuras) y dos de impacto (fragmentación del suelo por infraestructuras, y fragmentación de tierra y bosques). Los indicadores desarrollados presentan básicamente el estado en que se encuentra el territorio que está influenciado por el ser humano en forma de cuantificación de superficies afectadas. No obstante, los indicadores que se refieren a la fragmentación de terreno los consideran de impacto. Este tema ya se ha discutido en los apartados anteriores en los que se concluye que los indicadores de fragmentación de terreno no evalúan el daño que puede causar a un ser humano o a ecosistemas ya que únicamente cuantifica superficie de terreno.

- A nivel nacional el Ministerio de Medio Ambiente lo que realiza es prácticamente la extrapolación de las directivas europeas de la propia agencia, aplicadas al territorio nacional.

En la categoría de ruido, se centra en el número de afectados por el tráfico de las carreteras. Para ello está realizando diversos mapas estratégicos de ruido de ejes viarios principales según marca la Ley del Ruido vigente, en donde se muestra y ponen de relieve el número de personas que sufre ruidos por encima de los niveles establecidos, identificándose como un indicador de estado. A igual que la Agencia Europea del medio Ambiente, presenta valores de cuantificación de población expuesta con la adición de la afectación a zonas de mayor riesgo como hospitales o colegios, pero no lleva a evaluarse el impacto o daño que puede causar sobre las personas. A diferencia de la agencia, no se presenta ningún indicador que refleje la molestia de la población.

En la categoría de uso de suelo, los indicadores presentados por este ministerio se refieren a suelo y no a la categoría de uso de suelo propiamente. Presenta esta categoría con datos de la ocupación del suelo para la agricultura, para la realización de infraestructuras y sobre todo para la expansión de zonas urbanas. La creación de superficies artificiales provoca la disminución de hábitats, fragmentación de paisajes y disminución del espacio que necesitan numerosas especies. En el informe se presentan cuatro indicadores de estado, todos ellos definiendo superficies. Los cuatro indicadores desarrollados presentan, al igual que la Agencia Europea del Medio Ambiente, el estado en que se encuentra el territorio que está influenciado por el ser humano en forma de cuantificación de superficies afectadas. A diferencia de la agencia, no presenta ningún indicador de fragmentación de suelo que lleve a una clasificación dudosa del mismo.

4. Discusión

Las tablas siguientes muestran el número de cada tipo de indicador dentro del marco DPSIR desarrollados y listados anteriormente, tanto por sectores (transporte y agricultura) como por categorías de impacto (ruido y uso del suelo).

Institución, organismo (año/referencia)	Transporte					Agricultura				
	<i>D</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>I</i>	<i>R</i>	<i>D</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>I</i>	<i>R</i>
OECD (1999)	2	0	8	0	0	-	-	-	-	-
OECD (2008)	-	-	-	-	-	26	4	48	1	2
WBSCD (2004)	1	4	4	1	5	-	-	-	-	-
EEA (TERM) (2002)	8	4	13	3	15	-	-	-	-	-
EEA (2003)	0	9	1	1	0	1	23	50	11	8
Eurostat (2006)	0	18	1	1	4	-	-	-	-	-
EC (SUMMA) (2005)	0	11	15	2	0	-	-	-	-	-
EC (ESL) (2004)	0	41	14	9	0	-	-	-	-	-
EC (IES) (2007)	28	11	5	6	13	-	-	-	-	-
EC (2001)	-	-	-	-	-	10	10	5	5	8
MMA (2008)	0	5	1	1	0	0	0	5	0	0
UN-FAO (2003)	-	-	-	-	-	0	4	15	0	4

Tabla 1. Número de cada tipo de indicadores del marco DPSIR en los sectores de transporte y agricultura, por institución u organismo.

Institución, organismo (año/referencia)	Transporte					Agricultura				
	<i>D</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>I</i>	<i>R</i>	<i>D</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>I</i>	<i>R</i>
EEA (consulta en 2009)	0	0	1	0	0	0	0	3	1	0
MMA (2008)	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0

Tabla 2. Número de cada tipo de indicadores del marco DPSIR en las categorías de ruido y uso de suelo, por institución u organismo.

Del análisis del conjunto de indicadores medioambientales en los sectores de transporte y agricultura de la tabla 1, se puede comprobar que existe un número muy inferior de indicadores de impacto. Al igual ocurre al analizar el conjunto de indicadores medioambientales en las categorías de ruido y uso de suelo de la tabla 2, en donde se comprueba que casi en su totalidad se han desarrollado indicadores de estado. En algunos indicadores clasificados como de impacto es discutible su clasificación ya que no reflejan realmente un impacto real sobre las consecuencias en el propio ser humano, en otros seres vivos o en los recursos naturales. Los indicadores catalogados como de impacto del ruido reflejan los niveles de exposición y molestia de las personas, pero en ninguno caso se cuantifica el impacto sobre la salud que puede causar este contaminante. Por otra parte, los indicadores de impacto del uso del suelo únicamente presentan datos de ocupación de superficies. En ningún caso se cuantifica el impacto que puede causar una determinada transformación en el terreno a las personas, a otros seres vivos o a ecosistemas, en general, o a los recursos naturales.

El Grupo de Ingeniería del Diseño (GID) de la Universitat Jaume I (UJI) de Castellón ha realizado un importante trabajo en el desarrollo de indicadores para las infraestructuras de transporte. Vidal et al. (2006 y 2007) han definido la metodología de un conjunto de indicadores para determinar el impacto de las infraestructuras dentro del esquema de indicadores DPSIR y en coherencia con las directrices internacionales (UNCSD, AEMA). En total han desarrollado treinta y siete indicadores agrupados en función del impacto que producen en daños a las personas, daños materiales, ruido, calidad del aire, contaminación hídrica y de suelos, ocupación y transformación del suelo y costes externos. Las diferentes metodologías que han utilizado para el desarrollo y aplicación de estos indicadores a nivel de España han sido el ACV, el análisis de riesgos (AR) y los costes externos (CEX). En algunos casos, fue preciso previamente desarrollar indicadores de presión o estado para poder desarrollar los de impacto. Los veinticinco indicadores de impacto desarrollados han servido como inicio para demostrar la importancia de los indicadores de impacto y de cómo el uso de determinadas metodologías como el ACV, AR, CEX se consideran adecuadas para el desarrollo de los mismos. En el caso del ruido, se ha desarrollado el indicador de impacto denominado “efectos nocivos del ruido provocado por el tráfico sobre la salud humana”.

Antes del desarrollo del trabajo realizado por el GID, la aplicación de estas metodologías había sido muy escasa en la determinación de indicadores de las infraestructuras y aún en menor medida en España. Los indicadores se han aplicado principalmente al estudio de los impactos de las infraestructuras de carreteras, dado que sobre este medio se dispone de mayor de información. Aunque los indicadores no se han desarrollado con la intención de ser exclusivos de este medio, sino con la intención de servir para determinar el impacto y la sostenibilidad de cualquier medio de transporte y en cualquier situación (Vidal et al., 2006 y 2007).

5. Conclusiones

La utilización de únicamente valores estadísticos o valores procedentes de mediciones ambientales, que es la fuente metodológica habitual para el desarrollo de indicadores, no es suficiente para reflejar el impacto medioambiental de los sectores estudiados. Para realizar una aproximación más realista se requiere la elaboración de nuevos indicadores de impacto. A pesar de la importancia económica de estos sectores y de su incidencia sobre el desarrollo sostenible, la toma de decisiones se ha basado en el desarrollo de indicadores de presión y estado muy simples, elaborados generalmente con datos estadísticos y mediciones ambientales.

Por todo lo anteriormente expuesto, surge la necesidad de desarrollar indicadores de impacto de las citadas categorías, los cuales reflejen el estado medioambiental real y un

análisis del impacto al medio más adecuado, como ha realizado el grupo GID de la UJI. Dada la complejidad de los impactos de las infraestructuras demanda se requiere un mayor esfuerzo metodológico e investigador integrando las tres metodologías. El desarrollo de indicadores es un campo aún abierto a la investigación y en el que metodologías de ingeniería del diseño ACV, AR y CEx pueden aplicarse para obtener nuevos indicadores más significativos del estado de las infraestructuras de transporte para una región o país.

Este trabajo (Vidal et al., 2006 y 2007) ha servido como base para el desarrollo de la presente tesis en cuanto a la aportación de metodologías que evalúen el impacto del ruido y del uso de suelo. La aplicación de la metodología de ACV es muy conveniente para desarrollar indicadores de impacto, ya que permite determinar el impacto global asociado a un producto, proceso o servicio. En el caso de estudio, y en respuesta a los objetivos planteados, el impacto correspondiente sería respecto a las categorías de ruido y transformación de uso del suelo.

Referencias

EC, "Statistical Information needed for Indicators to monitor the Integration of Environmental concerns into the Common Agricultural Policy", *Communication from the commission to the council and the European parliament*, 2001, Bruselas, Bélgica.

EC, "SUMMA – Sustainable mobility, policy measurements and assessment", *Final report, project funded by European Commission, DGEN*, 2005.

EC, "Indicators to assess sustainability of transport activities. Part 1: Review of the Existing Transport Sustainability Indicators Initiatives and Development of an Indicator Set to Assess Transport Sustainability Performance", *European Commission, JRC, IES, report EUR23041EN*, 2007, Copenhague, Dinamarca.

EEA, "Environmental indicators: Typology and overview", *Technical report n. 25*, European Environment Agency, 1999.

EEA, "An inventory of biodiversity indicators in Europe, 2002", *Technical report n. 92*, European Environment Agency, 2003.

EU, "Transport sector guidelines. Towards sustainable transport infrastructure: a sectorial approach in practice", European Commission Development, Directorate general for Development, CF-97-96-354-EN-C, 1997.

Eurostat, "Energy, transport and environment indicators. Data 1990-2004", *Eurostat Pocketbooks, European Communities*, 2006, Luxemburgo.

FAO, "Compendium of agricultural-environmental indicators (1989-91 to 2000)", *Statistics Analysis Service, Statistics Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 2003, Roma (Italia).

MMA, "Perfil Ambiental de España 2007. Informe basado en indicadores", *Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental*, 2008, Madrid, España.

OECD, "Indicators for the Integration of Environmental Concerns into Transport Policies", *Informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico*, 1999.

OECD, "OECD Environmental Indicators: development, measurement and use", *Informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico*, 2003.

OECD, "Environmental performance of agriculture in OECD countries since 1990", *Informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico*, 2008.

Sorensen, V., Dávila, E.H., Forssen, K., "Transport, Joint Final Report of the sectorial infrastructure project", *European Statistical Laboratory*, 1999.

TERM, "Towards a transport and environment reporting mechanism (TERM) for the EU- Part I and II", *European Environmental Agency*, 2000.

TERM, "Indicators tracking transport and environment integration in the European Union, TERM 2001", *European Environmental Agency, Environmental issue report n. 23*, 2001.

TERM, "Paying the way for EU enlargement, indicators of transport and environment integration, TERM 2002", *European Environmental Agency, Environmental issue report n. 32*, 2002.

TERM, "Ten key transport and environment issues for policy-makers. TERM 2004: Indicators tracking transport and environment integration in the EU", *European Environmental Agency, Environmental issue report n. 3*, 2004.

TERM, "Transport and environment: facing a dilemma – TERM 2005", *European Environmental Agency, Environmental issue report n. 3*, 2006.

TERM, "Transport and environment: on the way to a new common transport policy – TERM 2006", *European Environmental Agency, Environmental issue report n. 1*, 2007.

TERM, "Climate for a transport change: indicators tracking transport and environment in the European Union – TERM 2007", *European Environmental Agency, Environmental issue report n. 1*, 2008.

UNCSD, "Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies", *United Nations Commission of Sustainable Development*, 2001.

Vidal, R., López-Mesa, B., Mulet, E., Garraín, D., "Indicadores de impacto y vulnerabilidad de las infraestructuras de transporte", *Informe interno de GID (GID.2006.04) para el Ministerio de Fomento*, 2006, 573 pp.

Vidal, R., López-Mesa, B., Mulet, E., Garraín, D., "Indicadores de impacto y vulnerabilidad de las infraestructuras de transporte", *Estudios de Construcción y Transportes (Ed. Ministerio de Fomento)*, n. 106, Ene-Jun 2007, pp. 179-204.

von Schiller, D., Soler, E., Martínez, J., Delgado, A., Vivas, M.L., Fernández, S., "Indicadores ambientales en el contexto europeo", *El portal de biología y ciencias de la salud "biología.org"*, La revista, n.12, 2003.

WB, "World Development Indicators", Informe del Banco Mundial, 2002.

WBCSD, "Mobility 2030: Meeting the Challenges to Sustainability", *World Business Council for Sustainable Development*, 2004.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Daniel Garraín Cordero
Grupo de Ingeniería del Diseño, Dpto. de Ingeniería Mecánica y Construcción
Universitat Jaume I,
Av. Sos Baynat, s/n 12071 Castellón (España)
Tel: +34 964 729 252
Fax: +34 964 728 106
E-mail: garrain@uji.es
URL: <http://www.gid.uji.es>