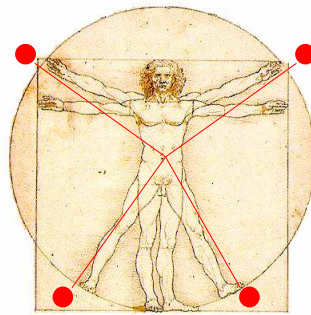


TECNOLOGÍ@ y DESARROLLO

Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

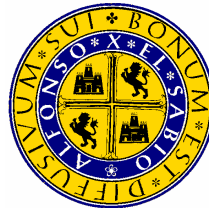
VOLUMEN VII. AÑO 2010

SEPARATA



DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MODELIZACIÓN DE SISTEMAS
MEDIOAMBIENTALES Y SU APLICACIÓN A LOS MODELOS
ESPACIALES DE SOSTENIBILIDAD DE NÚCLEOS URBANOS.

M^a Jesús Retana Maqueda, Tomás García Martín, Rafael Magro Andrade



UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO

Escuela Politécnica Superior
Villanueva de la Cañada (Madrid)

© Del texto: M^a Jesús Retana Maqueda, Tomás García Martín, Rafael Magro Andrade
Julio, 2010.

http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECMAD10_005.pdf

© De la edición: *Revista Tecnol@ y desarrollo*

Escuela Politécnica Superior.

Universidad Alfonso X el Sabio.

28691, Villanueva de la Cañada (Madrid).

ISSN: 1696-8085

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo, ni su almacenamiento o transmisión ya sea electrónico, químico, mecánico, por fotocopia u otros métodos, sin permiso previo por escrito de la revista.

Tecnol@ y desarrollo. ISSN 1696-8085. Vol.VII. 2010.

DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MODELIZACIÓN DE SISTEMAS MEDIOAMBIENTALES Y SU APLICACIÓN A LOS MODELOS ESPACIALES DE SOSTENIBILIDAD DE NÚCLEOS URBANOS.

**Maria Jesús Retana Maqueda (a), Tomás García Martín (b),
Rafael Magro Andrade (c)**

- (a) Ingeniera Industrial. Adjunta a la Jefatura de Estudios de Ingeniería Industrial
Tf: 918109763, email: mretamaq@uax.es
Universidad Alfonso X el Sabio. Avda de la Universidad nº 1, Villanueva de la Cañada, 28691
- (b) Dr. Ingeniero Químico, Subdirector de la Escuela Politécnica Superior,
Universidad Alfonso X el Sabio Tf: 918109145, email: tgarcmar@uax.es
- (c) Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director de la Escuela Politécnica Superior
Universidad Alfonso X el Sabio. Tf: 918105087, email: rmagrand@uax.es

RESUMEN:

El propósito de este artículo es presentar el diseño de una metodología necesaria para trabajar con sistemas complejos (sistemas que pueden depender de un número elevado de variables). Estas variables pueden ser de diferentes tipos según la clasificación tipológica empleada. Al ser de diferentes tipologías, tienen difícil comparación. Esto plantea un problema general que, actualmente, no está resuelto: crear un método sistemático que nos permita estudiar de forma objetiva la evolución de este tipo de sistemas. Aunque puede parecer muy amplio el tema propuesto, su aplicación posterior al análisis de la sostenibilidad de núcleos urbanos lo acota de forma notable y abre una posibilidad de investigación en un campo de gran actualidad en lo que se refiere a estudios medioambientales.

PALABRAS CLAVE: Sostenibilidad, modelos, variables ambientales, modelización, metodología de modelización ambiental.

ABSTRACT:

The purpose of this article is to present the design of a methodology for working with complex systems (systems that may depend on a elevated number of variables). These variables can be of different types according to the typological classification. To the being of different typologies, they have difficult comparison. This raises a general problem that, nowadays, is not solved: to create a systematical method that allows us to study of objective form the evolution of this type of systems. Though the proposed topic can seem to be very wide, its later application to the analysis of urban sustainability reduces it of notable form and opens a possibility of investigation in a field of current interest regarding environmental studies.

KEY-WORDS: Sustainability, models, environmental variables, modeling, environmental modeling methodology.

http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECMAD10_005.pdf

SUMARIO: 1. Introducción, 2. Un pequeño repaso a la historia reciente, 3. Situación actual de los estudios multivariantes medioambientales, 4. El concepto de indicador, pieza elemental para medir la sostenibilidad, 5. Las baterías de indicadores, 6. El modelo PER, 7. Utilización de indicadores a escala local, 8. El potencial de sostenibilidad, 9. Campos de aplicación del desarrollo sostenible, 10. Condiciones para el desarrollo sostenible, 11. Desarrollo de la metodología, 12. Conclusiones, 13. Agradecimientos, 14. Referencias.

SUMMARY: 1. Introduction, 2. A brief look at recent history, 3. Current status of multivariate environmental studies, 4. The concept of indicator, elementary piece to measure the sustainability, 5. The battery indicator, 6. The PSR model, 7. Utilization of indicators to local scale, 8. The potential for sustainability, 9. Fields of application of sustainable development, 10. Conditions for sustainable development, 11. Development of methodology, 12. Conclusions, 13. Acknowledgements, 14. References.

1. Introducción.

Al barajar un gran número de variables ambientales, tenemos que analizarlas una a una y luego compararlas unas con otras. Pero, a veces, son variables de muy distinta índole, incluso no sólo por su carácter, sino por la forma de medirlas, por lo tanto, el primer problema que se nos plantea cuando analizamos un aspecto del medioambiente es ¿de qué variables depende ese aspecto? Normalmente, por trabajos realizados y por el estado del arte, podemos identificar una serie de variables que son típicas, y que sabemos por la experiencia adquirida que influyen en el sistema en mayor o menor grado.

Pero la pregunta que nos hacemos es: *¿podemos estar seguros de que éstas son las variables que mejor definen o que definen bien ese aspecto o sistema medioambiental que pretendemos analizar?*

El objetivo principal de este trabajo de investigación es dar respuesta a dicha pregunta. Es decir, consiste en diseñar una metodología que sea capaz de darnos no una seguridad al 100%, ya que los estudios medioambientales pueden ser muy subjetivos y esa seguridad nunca es completa, pero sí de crear una metodología única que nos permita lo siguiente: dada una variable A, o un sistema definido por un conjunto de variables, la metodología aplicada deber ser capaz de predecir el comportamiento de la variable o del sistema estudiado con una cierta fiabilidad, es decir, acompañando los valores predichos con la medida del grado de fiabilidad con que se van a cumplir.

2. Un pequeño repaso a la historia reciente.

Históricamente, los criterios por los que se regían los países eran eminentemente basados en el crecimiento económico. Estos criterios comenzaron a corregirse en la segunda mitad del

5. Diseño de una propuesta de modelización de sistemas medioambientales y su aplicación a los modelos espaciales de sostenibilidad de núcleos urbanos.

siglo XIX en materia social, por ejemplo, con la aparición del sindicalismo o las organizaciones sin ánimo de lucro. Comenzó entonces a emplearse el término “económico y social”.

Por primera vez los países desarrollados repararon en los años 70 en que su prosperidad dependía ineludiblemente del uso intensivo de recursos naturales finitos. Por este motivo, se dieron cuenta de que, además de los aspectos económicos y sociales, debían atender a un tercer aspecto: el medio ambiente.

En efecto, el desarrollo (ya sea industrial, agrícola, urbano, etc.) genera contaminación inmediata o futura (por ejemplo, la lluvia ácida). Esta contaminación motiva la pérdida de la biodiversidad, provocando la extinción de especies de la fauna y la flora, es decir, un efecto irreversible. Esta evolución podría concluir con el tiempo en el agotamiento de muchos de los recursos naturales vitales para el ser humano.

En este sentido, son numerosos los analistas que defienden que el modelo de desarrollo industrial no es sostenible en términos medioambientales, ya que, no permite un desarrollo “positivo” duradero. Los puntos débiles serían la destrucción de los ecosistemas, el agotamiento de los recursos naturales y la pérdida de la biodiversidad. Todo ello, influye negativamente en la capacidad de resistencia del planeta.

Hasta el año 1.987 en que se formaliza por primera vez el concepto de desarrollo sostenible, se produjeron una serie de eventos destacables.

A continuación, se detallan algunos de los hitos más significativos, hasta la fecha, relacionados con la sostenibilidad:

- 1.968 → Creación del Club de Roma (Club Roma, 1.968) con el objetivo de buscar la promoción de un crecimiento económico estable y sostenible de la humanidad. Entre sus miembros, cuenta con importantes científicos (algunos premios Nobel), economistas, políticos, jefes de estado, e incluso asociaciones internacionales.
- 1.972 → El Club de Roma publica el informe Los límites del crecimiento, en el que se estudia la evolución de la población humana en relación con la explotación de los recursos naturales, hasta el año 2.100. Este estudio denota consecuencias negativas para las personas y los ecosistemas debidas al desarrollo económico durante el siglo XXI.
- Junio de 1.972 → Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano, desarrollada en Estocolmo (Suecia), en la que se manifiesta por primera vez a nivel mundial la preocupación por la problemática ambiental global. Como consecuencia de

esta Conferencia, fue creado el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

- 1.980 → Informe Estrategia Mundial para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales, publicado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Este informe identifica los principales factores que influyen en la destrucción del hábitat.
- 1.981 → El Consejo de Calidad Medio Ambiental de Estados Unidos realiza el Informe Global 2.000 y concluye que la biodiversidad es un aspecto primordial para el correcto funcionamiento del planeta, por lo que, la extinción de especies lo debilita.
- 1.982 → Creación del Instituto de Recursos Mundiales (WRI) en EEUU con el objetivo de dirigir a la sociedad humana hacia formas de vida que protejan el medio ambiente.
- 1.982 → La Carta Mundial de la ONU para la Naturaleza plantea el principio de respeto a toda forma de vida.
- 1.983 → La Asamblea General de la ONU crea la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo. En 1.984 se realiza la primera reunión para establecer una agenda global.
- 1.987 → La Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo realizar el informe Nuestro Futuro Común (conocido también como Informe Brundtland). Este documento formaliza por primera vez el concepto de desarrollo sostenible.
- Junio de 1.992 → Se celebra la "Cumbre de la Tierra" en Río de Janeiro, en la cual nace la Agenda 21 (que propone un plan de acción para buscar un desarrollo compatible con la conservación del medio ambiente), se aprueban el Convenio sobre el Cambio Climático, el Convenio sobre la Diversidad Biológica (Declaración de Río) y la Declaración de Principios Relativos a los Bosques. Se modifica la definición original del Informe Brundtland, hacia la idea de los "tres pilares" por los que debe velar el desarrollo sostenible.
- 1.993 → V Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente de la Unión Europea: Hacia un desarrollo sostenible. Este programa presenta la nueva estrategia comunitaria en materia de medio ambiente y para lograr un desarrollo sostenible, para el período 1.992-2.000.
- Mayo de 1.994 → Primera Conferencia de Ciudades Europeas Sostenibles celebrada en Aalborg (Dinamarca), bajo el patrocinio conjunto de la Comisión Europea y la Ciudad de Aalborg, y organizada por el Consejo Internacional de Iniciativas Ambientales Locales (ICLEI). Se aprobó la Carta de Aalborg.
- Octubre de 1.996 → Segunda Conferencia de Ciudades Europeas Sostenibles, desarrollada en Lisboa (Portugal). Implementación de los objetivos de la carta de Aalborg, iniciando y desarrollando la Agenda 21 Local. El proceso entra en la fase de la Carta a la Acción.

7. Diseño de una propuesta de modelización de sistemas medioambientales y su aplicación a los modelos espaciales de sostenibilidad de núcleos urbanos.

-
- 1.997 → Cumbre para la Tierra +5: su objetivo fue analizar la ejecución de los acuerdos
 - 2.000 → Tercera Conferencia de Ciudades Europeas Sostenibles, celebrada en Hannover (Alemania). Revisión y evaluación de las experiencias hasta la fecha y llamamiento para la implicación en el proceso de la Agenda Local 21.
 - 2.001 → VI Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente de la Unión Europea. Medio ambiente 2010: el futuro en nuestras manos. Se definen las prioridades y objetivos de la política medioambiental de la Comunidad y se detallan las medidas a adoptar buscando la aplicación de la estrategia de la Unión Europea en materia de desarrollo sostenible.
 - Del 26 de agosto al 4 de septiembre de 2.002 → Conferencia Mundial sobre Desarrollo Sostenible, Río+10, celebrada en Johannesburgo (Sudáfrica). Se realizó un planteamiento global para la lucha contra la pobreza y la degradación medioambiental.
 - Febrero de 2.004 → Conferencia sobre la Diversidad Biológica, celebrada en Kuala Lumpur (Malasia), concluyó con la Declaración de Kuala Lumpur, que establece la creación de una red de espacios protegidos para el año 2.010.
 - 2.004 → Cuarta Conferencia de Ciudades Europeas Sostenibles, Conferencia Aalborg+10 - Inspiración para el futuro, desarrollada en Aalborg (Dinamarca). Se establecen nuevos objetivos para pasar de la Agenda a la Acción.
 - 16 de febrero de 2.005 → Entra en vigor el Protocolo de Kioto (cuyas bases se establecieron en Kioto en 1.997) sobre la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.
 - Marzo de 2.007 → Quinta Conferencia de Ciudades Europeas Sostenibles, celebrada en Sevilla (España), en la cual se analizaron ejemplos exitosos de implantación de los compromisos medioambientales.
 - Diciembre de 2.007 → Cumbre de Bali (Indonesia). Ésta busca redefinir el Protocolo de Kioto que expira en 2.012 y adecuarlo a las nuevas necesidades respecto al cambio climático. En esta cumbre intervienen los Ministros de Medio Ambiente de casi todos los países del mundo aunque EEUU, China e India se niegan a suscribir compromisos.
 - Diciembre de 2.008 → Conferencia de Poznan (Polonia). Después de la Conferencia de Bali (2.007), la Conferencia de Poznan afianzó los compromisos de los Gobiernos en materia de lucha contra el cambio climático. Igualmente, se consiguieron avances sobre transferencia de tecnología hacia los países en desarrollo.
 - Diciembre de 2.009 → Cumbre de Copenhague (Dinamarca). Entre los objetivos más importantes de esta Cumbre, la reducción de las emisiones de CO₂. El texto generado debería sustituir al Protocolo de Kioto a partir de 2.013 para hacer frente al calentamiento global. Cabe destacar que la Cumbre de Copenhague no consiguió el

grado de éxito esperado. La siguiente Cumbre está prevista celebrarse en Cancún (México) en diciembre de 2.010.

3. Situación actual de los estudios multivariantes medioambientales.

El *medio ambiente* engloba el conjunto de valores naturales, culturales y sociales existentes en un lugar y en un momento determinado, que influyen en la vida del ser humano y de las futuras generaciones. Es decir, no se trata sólo del espacio en el que se desarrolla la vida sino que también abarca objetos, seres vivos, agua, aire, suelo y las relaciones entre ellos, así como, elementos tan intangibles como la cultura. Por lo tanto, podemos establecer que entendemos por medio ambiente o medioambiente al entorno que afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o la sociedad en su conjunto.

No cabe duda de que el concepto de *sostenibilidad* es ambicioso. No se trata de mantener las cosas en un corto o medio plazo, ni siquiera en un largo plazo, sino de mantenerlas para siempre. Para lograrlo, es necesario determinar lo que se quiere mantener de manera perpetua.

Revisando la literatura existente en esta materia, se confirma la diversidad de definiciones para los términos *sostenibilidad*, *desarrollo sostenible* o *sustentabilidad*.

El término *desarrollo sostenible*, sustentable o perdurable se aplica al desarrollo socio-económico y fue precisado por primera vez en el documento conocido como *Informe Brundtland* (1987), como resultado de los trabajos de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en Asamblea de las Naciones Unidas en 1983. Dicha definición se plasmaría en el Principio 3º de la Declaración de Río (1992):

“el desarrollo que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas”.

Gran parte de los autores dividen el término en varios componentes. En este sentido, cabe distinguir el esquema de los tres pilares del desarrollo sostenible de *Munasinghe* (1993), que diferencia entre *sostenibilidad medioambiental*, *económica* y *social*. La sostenibilidad medioambiental señala hacia la conservación de los sistemas soporte de la vida (fuentes de recursos, destino o depósito de residuos), la sostenibilidad económica hace referencia al mantenimiento del capital económico y la acepción social es definida como el desarrollo del capital social. Finalmente, se considera desarrollo sostenible al concepto que integra los anteriores.

9. Diseño de una propuesta de modelización de sistemas medioambientales y su aplicación a los modelos espaciales de sostenibilidad de núcleos urbanos.

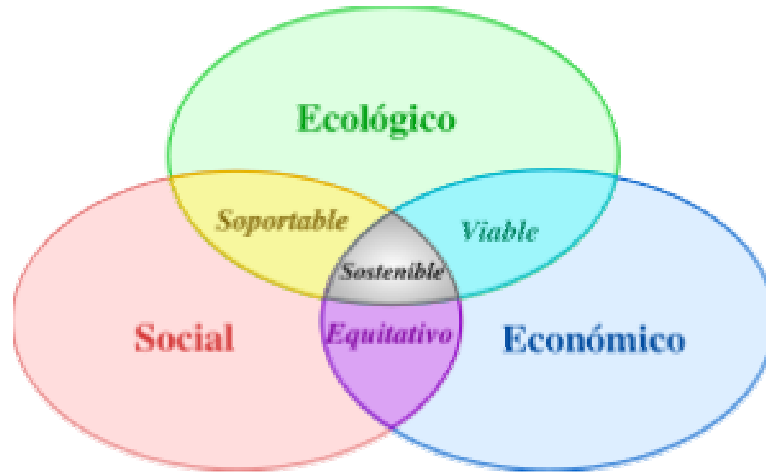


Fig. 1. Esquema de los tres pilares del desarrollo sostenible.
Fuente: Munasinghe, M. (1993).

Cabría plantear, por tanto, la posibilidad de mejorar la organización social y la tecnología de forma que el medio ambiente pueda recuperarse al mismo ritmo que es dañado por las actividades humanas.

El desarrollo sostenible es un concepto amplio que no se centra exclusivamente en las cuestiones ambientales. En términos generales, las políticas de desarrollo sostenible afectan a tres áreas: económica, social y ambiental. Como soporte a esto, varios textos de las Naciones Unidas, incluyendo el *Documento Final de la Cumbre Mundial de 2005*, hacen referencia a los tres componentes del desarrollo sostenible, el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente, como "*pilares interdependientes que se refuerzan mutuamente*".

Además, la *Declaración Universal sobre la Diversidad Cultural* (UNESCO, 2001) desarrolla aún más en el concepto al afirmar que "*... la diversidad cultural es tan necesaria para el género humano como la diversidad biológica para los organismos vivos*". Se convierte en "*una de las raíces del desarrollo entendido no sólo en términos de crecimiento económico, sino también como un medio para lograr un balance más satisfactorio intelectual, afectivo, moral y espiritual*". Según esta visión, la diversidad cultural se convertiría en el cuarto ámbito o pilar del concepto de desarrollo sostenible.

En este sentido, el "*desarrollo verde*" generalmente se distingue del desarrollo sostenible en que el desarrollo verde puede enfocarse en el sentido de dar preferencia a lo que algunos

pueden considerar "*sostenibilidad ambiental*" sobre la "*sostenibilidad económica y cultural*". Sin embargo, el enfoque del "desarrollo verde" puede pretender objetivos a largo plazo inalcanzables. Por ejemplo, una industria del automóvil con tecnología puntera con gastos de mantenimiento excesivamente altos no puede ser sostenible en los países del mundo con menos recursos financieros. Una fábrica de última tecnología "*respetuosa con el medio ambiente*" que suponga altos gastos de operación y mantenimiento es menos sostenible que una rudimentaria, aunque sea más eficaz desde el punto de vista ambiental.

De hecho, algunas investigaciones parten de esta definición para proponer que el medio ambiente es una combinación de cultura y naturaleza. El grupo de investigación "*Desarrollo sostenible en un mundo diverso*", patrocinado por la Unión Europea, trabaja en esta dirección considerando capacidades multidisciplinares y describiendo la diversidad cultural como un elemento clave de una nueva estrategia para el desarrollo sostenible.

Por otra parte, se considera que una economía se encuentra en una situación "*débilmente sostenible*" si el desarrollo (medido normalmente por el PNB) no disminuye de una generación a la siguiente. La sostenibilidad, por tanto, consistiría en conservar (o, si es posible, aumentar) el capital total acumulado de una generación a otra, de manera que las generaciones futuras tengan la posibilidad de vivir tan bien como sus predecesoras. En una sociedad en la que se reduce su capital natural, pero aumenta por otra parte su capital artificial (compensando esa pérdida y manteniendo el capital total), es una sociedad que se encuentra en situación de sostenibilidad débil. Sin embargo, si una economía se encuentra en la dirección de mantener (o aumentar) sus recursos de capital natural a lo largo del tiempo, se dice que es "*fuertemente sostenible*". Este punto de vista plantea que, para evitar la disminución de las reservas de capital total (traducido en bienestar, renta o consumo), es necesario preservar el stock de capital natural, así como, la calidad ambiental del mismo.

Veamos cuáles podríamos considerar los procesos que interesa mantener infinitamente en nuestro planeta (Carrizosa, J., 1995).

El más indiscutible es la vida misma y, de ahí, se podría profundizar a los casos concretos de pueblos y ciudades y, cada uno de ellos, por medio de decisiones políticas, deberán establecer lo que quieren conseguir en el futuro. Por ejemplo, mantenerlo habitable o, siendo más ambiciosos, aumentar continuamente la calidad de vida o el ingreso per cápita.

En definitiva, la producción sostenible y la conservación de los recursos naturales (biodiversidad, tierra, agua y aire) son, claramente, temas de actualidad mundial.

Se debe tener en cuenta que:

11. Diseño de una propuesta de modelización de sistemas medioambientales y su aplicación a los modelos espaciales de sostenibilidad de núcleos urbanos.

- El mundo se encuentra en situación de crisis de insostenibilidad, la cual se manifiesta tanto en la imposibilidad de lograr el bienestar de todas las personas, como en la destrucción y la degradación de los ecosistemas. La conducta humana es la única causa de esta crisis y también su única fuente de solución. Los ecosistemas no pueden resolver los problemas por nosotros. Necesitamos y debemos comenzar por comprender qué conductas humanas son dañinas y las motivaciones para tales conductas.
- La calidad de vida, la salud y la riqueza de las personas se hallan unidas, de forma indisoluble, con la calidad, la diversidad y la productividad del ecosistema del cual forman parte. Consecuentemente, la sostenibilidad depende de la mejora y mantenimiento de todos estos aspectos de forma conjunta y con igual importancia.
- Para lograr una combinación de bienestar ecológico y social sostenibles, hay que tener en cuenta la tensión constante entre las necesidades de las personas y los ecosistemas. Pero no se conoce cuáles son estas combinaciones ni cómo lograrlas. El progreso dependerá de que reconozcamos nuestra ignorancia e incertidumbre al respecto.

Tal y como se ha comentado anteriormente, se consideran tres los "pilares" de la sostenibilidad. A nivel de empresa, se considerarían los siguientes aspectos:

- *Económico*: se considerará el funcionamiento financiero y la capacidad para contribuir al desarrollo económico en el ámbito de creación de empresas.
- *Social*: se deben tener en cuenta las consecuencias sociales de la actividad de la empresa en todos los niveles: los trabajadores (condiciones de trabajo, nivel salarial, etc.), los proveedores, los clientes, las comunidades locales y la sociedad en general, necesidades humanas básicas.
- *Ambiental*: se debe contemplar la compatibilidad entre la actividad social de la empresa y la preservación de la biodiversidad y de los ecosistemas. Este último pilar es necesario para que los otros dos sean estables.

En definitiva, el objetivo del desarrollo sostenible es definir proyectos viables y reconciliar los aspectos económico, social y ambiental de las actividades humanas (Mora, C., 2008).

4. El concepto de indicador, pieza elemental para medir la sostenibilidad.

El concepto de indicador ha sido considerado una de las piezas clave en el tratamiento de los sistemas de medida de sostenibilidad. Estos indicadores se están empleando en múltiples

formatos y modelos para caracterizar la sostenibilidad. (Olabe, A., 2004). Se han propuesto innumerables definiciones de ellos, lo cual ha provocado que el término indicador quede difuso y se considere a muy variados términos, tales como, variable, medida, valor, parámetro, fracción, índice, información, modelo empírico, signo, etc. (Gallopín, G.C., 1997).

En sus innumerables trabajos, Gilberto Gallopín hace una revisión extensa del concepto, identifica el indicador como variable, y establece que *“una variable es una representación operacional del atributo (cualidad, característica, propiedad) de un sistema”*.

Basándonos en esta idea, podríamos definir los *indicadores* como medidas en el tiempo de las variables de un sistema, y de las cuales obtendríamos información sobre la tendencia de dicho sistema. Los indicadores podrían estar compuestos por una sola variable o por un conjunto de ellas, así como, estar interrelacionados formando índices más complejos.

5. Las baterías de indicadores.

Analizando los trabajos existentes en materia de indicadores, podemos concluir que la mayor parte de las baterías consisten en una selección de indicadores considerados relevantes detallados en un listado. Algunos trabajos avanzan más y elaboran índices que integran distintos indicadores ponderados según un sistema de valores subyacentes, y otros (los menos), basándose en modelos que van más allá de los meros indicadores y buscan definir interrelaciones entre ellos para caracterizar un sistema y predecir su comportamiento futuro.

En la diversa literatura consultada se pueden encontrar las baterías de indicadores empleadas en distintos niveles de análisis, desde configuraciones territoriales empleadas a escala global o nacional, hasta baterías singulares de países, ciudades o pueblos. Su estructura varía también desde las más simples, hasta configuraciones complejas con obtención de la interacción entre los indicadores.

6. El modelo PER.

Con la idea de establecer relaciones entre los indicadores, existen distintas vías de análisis de estos o modelos de desarrollo sostenible. Uno de los tipos de análisis más empleado es el de Presión-Estado-Respuesta, PER (OCDE, 1994). El modelo PER está basado en lógica de causalidad: las actividades humanas ejercen presiones sobre el ambiente y modifican la calidad y cantidad de los recursos naturales, es decir, del sistema natural (estado). La sociedad

13. Diseño de una propuesta de modelización de sistemas medioambientales y su aplicación a los modelos espaciales de sostenibilidad de núcleos urbanos.

responde a estos cambios para minimizar sus impactos sobre los sistemas naturales a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales (respuesta).

Pese a que este modelo no presenta grandes posibilidades de definir los estados de un sistema y prever sus comportamientos futuros, ha tenido una gran acogida debido, principalmente, a que se adapta bien a los aspectos a considerar en la toma de decisiones y permite establecer los límites de la sostenibilidad política y pública en relación con los problemas medioambientales (MMA ESPAÑA, 1996).

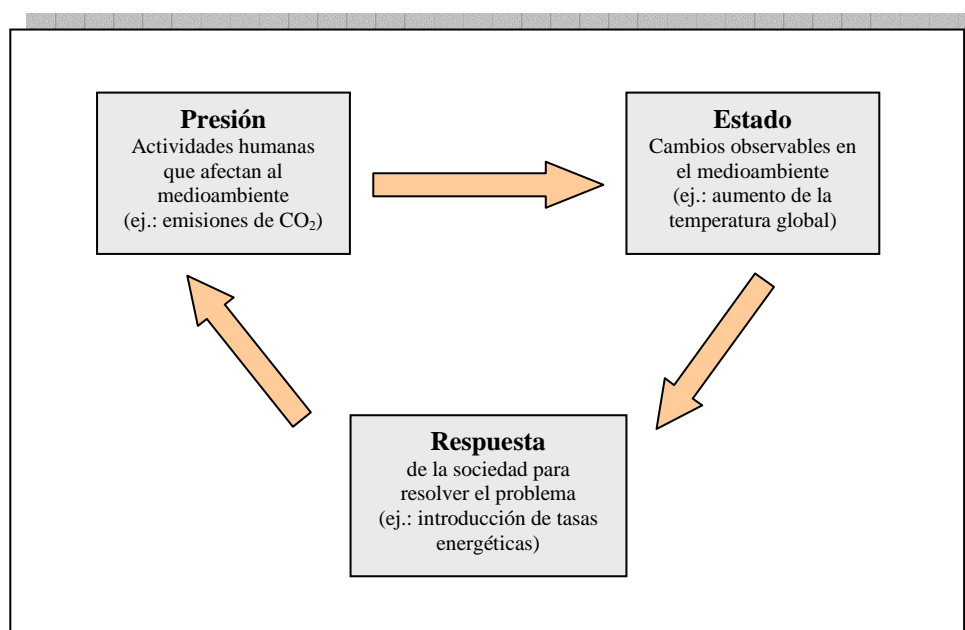


Fig. 2. Esquema de las diferentes relaciones entre indicadores del sistema PER
Fuente: Antequera, J. (2005). El potencial de la sostenibilidad de los asentamientos urbanos.

Basado en este modelo, se encuentra desarrollada la batería de indicadores de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible, relacionados con los capítulos de la Agenda 21. Estos indicadores inicialmente se encontraban organizados en función del capítulo de la Agenda al que pertenecían y según los atributos PER al que pertenecían. Sin embargo, en los últimos desarrollos prácticos de esta batería de indicadores, se ha dejado de lado la metodología del modelo PER para sustituirla por indicadores relacionados por categorías de temas, subtemas e indicadores. Esto se ha producido debido a que el modelo PER se ha considerado excesivamente “lineal”, ya que, desarrollo cadenas causales entre problemas medioambientales concretos sin analizar las relaciones existentes entre dichos problemas.

Un paso más en la búsqueda de un modelo más completo se produce con el denominado DPSIR (fuerza motriz-presión-estado-impacto-respuesta), el cual se corresponde con una versión ampliada del PER pero con dos elementos más: los Direccionadores Económicos y los Impactos (ver Fig. 3). Este modelo ha sido empleado por la Agencia Europea para el Medio Ambiente para desarrollar su marco de indicadores, pero realmente presenta las mismas carencias que el anterior. De hecho, Domingo Jiménez Beltrán, ex director de la Agencia, las destacaba afirmando que “los indicadores nada más serán útiles si encajan en un modelo conceptual y pueden relacionarse entre sí”. Por lo tanto, el conjunto de indicadores de sostenibilidad deben proporcionar una amplia cobertura de los indicadores y del rendimiento o resultados de la economía, mientras que la sociedad y medio ambiente quedan relacionados mediante los indicadores de eficiencia de las actividades sectoriales asociadas. (Beltrán, D. J., 1998).

Podríamos afirmar que el modelo PER podría constituir una base conceptual para realizar el planteamiento que queremos llevar a cabo en nuestro trabajo, en el sentido de que interrelaciona diversos indicadores entre sí asignados a un fenómeno ambiental concreto.

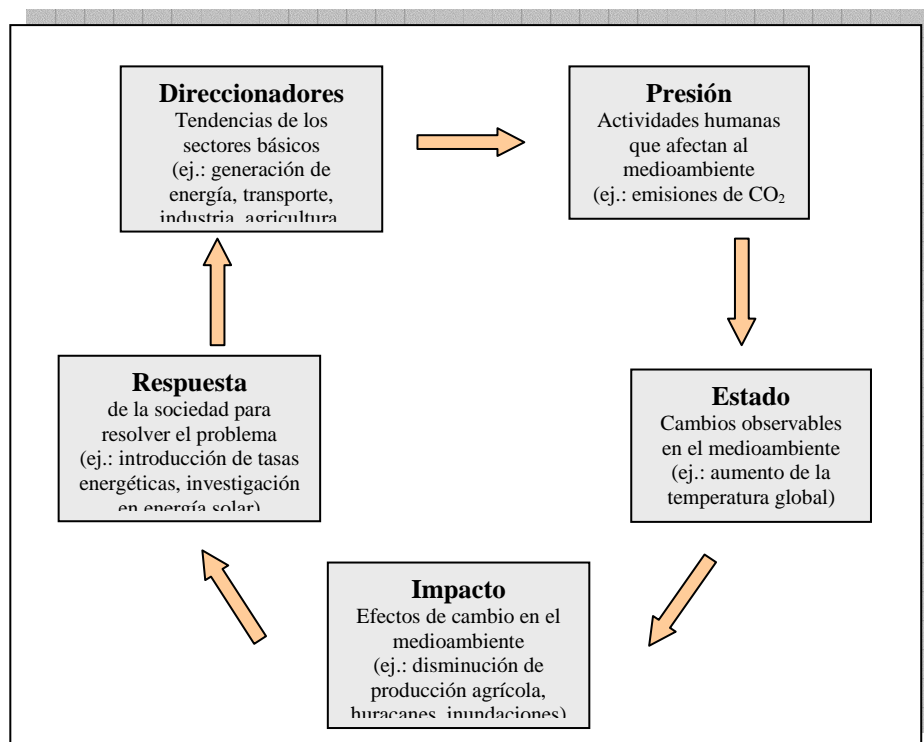


Fig. 3. Esquema de las diferentes relaciones entre indicadores del sistema DPSIR.
Fuente: Antequera, J. (2005). *El potencial de la sostenibilidad de los asentamientos urbanos*

15. Diseño de una propuesta de modelización de sistemas medioambientales y su aplicación a los modelos espaciales de sostenibilidad de núcleos urbanos.
-

7. Utilización de indicadores a escala local.

Existen innumerables ejemplos de la aplicación de indicadores de sostenibilidad a escala local.

Del análisis de la sostenibilidad local mediante indicadores, se podrían destacar aquéllos basados en la medida de los flujos energéticos y los materiales de entrada y salida del ecosistema urbano, que definirían la relación con el entorno de estos sistemas. Mediante su diseño más sostenible se podrían establecer mecanismos de actuación con el fin de invertir sus dinámicas de insostenibilidad (Rueda, S., 1999).

En relación con esto, existen modelos ecológicos que caracterizan la ciudad analizando dichos flujos de energía y materia de manera semejante a los empleados en los ecosistemas naturales, aunque se encuentran con elementos, como la transferencia de información, que por su complejidad o falta de metodologías, son difíciles de afrontar (Barracó, H., et al, 1999). La huella ecológica podría considerarse entre este tipo de indicadores que nos dan información sobre el metabolismo urbano. Sin embargo, pocos modelos de este tipo consideran aspectos sociales y económicos.

8. El potencial de sostenibilidad.

Se denomina *Potencial de Sostenibilidad de un asentamiento humano* al conjunto de propiedades que podrían habilitar a un asentamiento humano a tender en sus procesos hacia la sostenibilidad. Este concepto nos mostraría la capacidad de dicho asentamiento para acercarse en su evolución hacia lo que se podría entender como *asentamiento humano sostenible*.

Podríamos definir un indicador como una variable o una relación entre variables diferentes que cuantifican o proporcionan información cualitativa sobre un fenómeno ocurrido en el sistema que analicemos. Es decir, sobre una característica, propiedad o cualidad del sistema estudiado. La metodología empleada se apoyaría en el empleo de *indicadores de sostenibilidad* y en desarrollo de un árbol de sucesivos niveles para caracterizar la organización socioambiental a analizar.

En este sentido, se podrían utilizar los Compromisos de Aalborg para elaborar estos fenómenos y estudiar qué elementos conforman el potencial de sostenibilidad que hace que dichos fenómenos tiendan hacia la sostenibilidad.

A continuación, se enumeran los *10 Compromisos de Aalborg* (Antequera, J., 2005) (Fig. 4):

1. Formas de gobierno.

Nos hemos comprometido a impulsar nuestros procedimientos de toma de decisiones a través de una mayor democracia participativa.

2. Gestión municipal hacia la sostenibilidad.

Nos hemos comprometido a elaborar programas eficaces de gestión, desde el diseño a la evaluación, pasando por la implementación.

3. Bienes naturales comunes.

Nos hemos comprometido a asumir completamente nuestra responsabilidad para proteger, preservar y garantizar un acceso equitativo a los bienes naturales comunes.

4. Consumo y formas de vida responsables.

Nos hemos comprometido firmemente a adoptar y facilitar un uso prudente y eficiente de los recursos y a fomentar el consumo y la producción sostenibles.

5. Planificación y diseño urbanístico.

Nos hemos comprometido a asumir un papel estratégico en el diseño y planificación urbana y a enfocar los temas ambientales, sociales, económicos, de salud y culturales hacia el beneficio común.

6. Mejor movilidad y reducción del tráfico.

Reconocemos la interdependencia del transporte, la salud y el medio ambiente y estamos comprometidos a promover firmemente los modelos de movilidad sostenible.

7. Acción local para la salud.

Nos hemos comprometido a promover y mejorar la salud y el bienestar de nuestra ciudadanía.

8. Economía local viva y sostenible.

Nos hemos comprometido a crear y asegurar una economía local viva que promueva el empleo sin dañar el medio ambiente.

9. Igualdad y justicia social.

Nos hemos comprometido a asegurar comunidades integradoras y solidarias.

10. De lo local a lo global

Nos hemos comprometido a asumir nuestra responsabilidad global para la paz, la justicia, la

17. Diseño de una propuesta de modelización de sistemas medioambientales y su aplicación a los modelos espaciales de sostenibilidad de núcleos urbanos.

igualdad, el desarrollo sostenible y la protección del clima.



Fig. 4. Esquema de los 10 Compromisos de Aalborg aplicados al Espacio Urbano. (Elaboración propia a partir de los 10 Compromisos de Aalborg).

Para emplear los Compromisos de Aalborg, tal y como hemos comentado, deberíamos definir el indicador como una variable o una relación entre distintas variables que miden (cuantifican) o dan información cualitativa sobre uno de los Compromisos (fenómeno) a analizar.

En este árbol que se generaría, se establecerían niveles de complejidad decreciente para

considerar desde el concepto de totalidad hasta el conjunto de las relaciones existentes entre las partes del sistema. En un segundo nivel estableceríamos los distintos aspectos del Compromiso de Aalborg, que contendría los aspectos relevantes del sistema que queremos analizar para medir la evolución de dicho principio. Y el tercer nivel estará compuesto por los indicadores que definirían cada uno de los compromisos establecidos (ver Fig. 5).

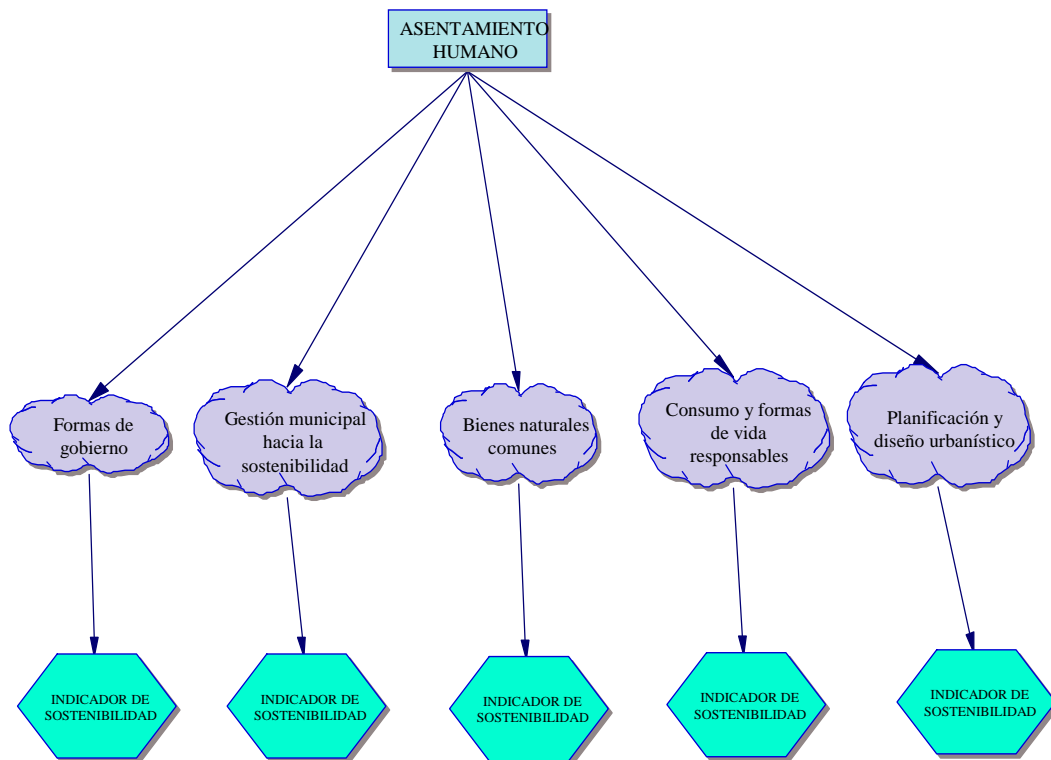


Fig. 5. Esquema de los primeros 5 Compromisos de Aalborg y los indicadores de sostenibilidad representativos de estos.

Fuente: Antequera, J. (2205). *El potencial de la sostenibilidad de los asentamientos urbanos*.

Si desarrolláramos el árbol descrito, basándonos en los Compromisos de Aalborg y los indicadores asociados a estos, se podría generar una metodología para medir como afecta a un asentamiento humano la aplicación de dichos principios. Para ello, lo primero que se debería establecer es el conjunto de indicadores que definirían dichos Compromisos. Sin embargo, una vez que están definidos los indicadores correspondientes, podría resultar complicado conocer si el asentamiento tiende hacia la sostenibilidad o no y, si lo hace, en qué aspectos lo hace y en cuáles no.

19. Diseño de una propuesta de modelización de sistemas medioambientales y su aplicación a los modelos espaciales de sostenibilidad de núcleos urbanos.

En este sentido, será importante definir claramente qué tendencias se considerarán hacia la sostenibilidad. Podremos considerar que la idea de los Compromisos de Aalborg hacia la sostenibilidad urbana sea un proceso definido por un conjunto de indicadores que siguen unas tendencias acercándose hacia la sostenibilidad o alejándose de ella.

Por lo tanto, una vez establecidos los indicadores, la configuración de las tendencias y los compromisos, se podría proceder a determinar los indicadores que influyen sobre los planteados inicialmente para hacer que estos tiendan hacia la sostenibilidad. A este conjunto de indicadores los denominaríamos potencial de sostenibilidad del asentamiento humano.

En resumen, el potencial de sostenibilidad estaría compuesto por un conjunto de indicadores que nos darían información sobre procesos, que influirían sobre los indicadores de consecución de los compromisos, y harían que estos adoptaran tendencias hacia la sostenibilidad.

Por lo tanto, podríamos decir que cada Compromiso de Aalborg se podría definir por unos indicadores que lo miden (indicadores de fenómeno o de compromiso) y otros indicadores que determinan si éste tiende hacia la sostenibilidad o no (indicadores de potencial).

En definitiva, como afirma Josep Antequera, “El universo de los indicadores que determinan si el fenómeno escogido se mueve hacia la sostenibilidad, constituiría el potencial de sostenibilidad del sistema estudiado”. (Antequera, J., 2005).

Finalmente, y con el objetivo de establecer cuáles serían los indicadores de potencial, sería necesario analizar cuáles son las fuerzas presentes en el sistema que hacen que éste se dirija hacia un proceso de sostenibilidad en función de cada uno de los principios.

Se han utilizado diferentes procedimientos de estudio de las Ciencias Medioambientales (López, L., 2006):

- Enfoque reduccionista → Considera preciso conocer perfectamente las partes para conocer el todo.
- Enfoque holístico → Considera que la totalidad del conjunto es mayor que la suma de las partes. Pretende conocer las relaciones entre los componentes, aunque no se conozcan con detalle los mismos.

Ambos enfoques no son excluyentes, sino complementarios; sin embargo, predomina el enfoque holístico en el estudio medioambiental. Hay que tener en cuenta que las Ciencias Medioambientales integran diferentes disciplinas, entre las que destacan las Ciencias de la Naturaleza (Biología, Geología, Física y Química) y Ciencias Sociales y Humanidades (Geografía, Historia, Derecho, etc.).

En la *Tabla I* se muestra un resumen de los compromisos, indicadores de potencial e indicadores de sostenibilidad.

*Tabla I. Resumen de los compromisos, indicadores de potencial y indicadores de sostenibilidad.
Fuente: Antequera, J. (2205). El potencial de la sostenibilidad de los asentamientos urbanos.*

COMPROMISO DE AALBORG	INDICADOR DE POTENCIAL	INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD
1. Formas de gobierno	<p>Visión Común de la Ciudad explicitada.</p> <p>Canales de comunicación capaces de intercambiar información con los diversos Subsistemas Urbanos.</p> <p>Existencia de un sistema de toma de decisiones estructurado municipal.</p>	Número de decisiones que se toman mediante procesos participativos.
2. Gestión municipal hacia la sostenibilidad	<p>Existencia de un Programa 21 local con Prioridad 1.</p> <p>Existencia de un Sistema de Gestión Medioambiental (EMAS) implantado.</p> <p>Existencia de una visión de la Agenda 21 local compartida con otras administraciones locales o supralocales.</p>	Número de proyectos locales presupuestados en el municipio que surgen de la Agenda 21 local.
3. Bienes naturales comunes 4. Consumo y formas de vida responsables	<p>Existencia de organizaciones locales que asumen compromisos de Reducción de Consumos.</p> <p>Existencia de circuitos de reciclaje eficientes para todos los residuos.</p> <p>Espacio del municipio considerado con Espacio Natural, tanto en exterior como en el interior del</p>	La huella ecológica local.

21. Diseño de una propuesta de modelización de sistemas medioambientales y su aplicación a los modelos espaciales de sostenibilidad de núcleos urbanos.

	sistema.	
5. Planificación y diseño urbanístico	<p>Plan General de Ordenación con criterios de sostenibilidad.</p> <p>Ordenanzas y la legislación para favorecer los criterios de sostenibilidad y de protección el patrimonio local construido.</p> <p>Existencia de conciertos sociales entre instituciones – empresas promotoras y constructoras, organizaciones sociales y sociedad civil - que promuevan un proyecto de urbanismo sostenible.</p>	Zonas de la ciudad que asumen los principios del urbanismo sostenible.
6. Mejor movilidad y reducción del tráfico	<p>Disponibilidad de combustibles no contaminantes.</p> <p>Existencia de buenas prácticas de movilidad, transporte público adecuado y carriles bici.</p> <p>Vehículos de bajas emisiones.</p> <p>Sistema circulación seguro.</p>	Sistemas de transporte que se usan en los desplazamientos.
7. Acción local para la salud.	<p>Existencia de un Plan de Salud Municipal.</p> <p>Existencia de un Foro Ciudadano para la Salud.</p> <p>Potenciación de estilos de vida saludables.</p> <p>Medio Ambiente de calidad.</p>	<p>Esperanza de vida del municipio o ciudad.</p> <p>Causas de mortalidad.</p> <p>Niveles de contaminación ambiental.</p>
8. Economía local viva y sostenible	Empresas que asumen los Principios de Sostenibilidad Industrial.	Nivel de paro y precariedad laboral en el municipio.

	Existencia de un Consejo Empresarial para Sostenibilidad. Existencia de industrias de capital local.	Nivel de contaminación industrial.
9. Igualdad y justicia social	Canales de participación en la toma de decisiones de la administración local. Circuitos locales para la inserción laboral. Espacios locales para la formación permanente. Seguridad Social y Asistencia Social accesibles.	Población bajo condiciones de pobreza o riesgo de exclusión social.
10. De lo local a lo global	Existencia de un Consejo Local para el Desarrollo Sostenible con un buen nivel de representatividad y compromiso. Existencia de Proyectos de Partenariado. Existencia de Proyectos Conjuntos para la sostenibilidad con ciudades de países en desarrollo.	Presupuestos locales para la cooperación internacional. Emisiones de CO ₂ del municipio.

9. Campos de aplicación del desarrollo sostenible.

El concepto de desarrollo sostenible engloba a la totalidad de las actividades humanas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los retos del desarrollo sostenible, son diferentes para cada sector económico. (Principio 3º de la Declaración de Río, 1992).

El concepto de sostenibilidad y los indicadores se aplican en multitud de áreas, tales como el campo industrial, la ordenación del territorio, los transportes, la construcción, etc. A

23. Diseño de una propuesta de modelización de sistemas medioambientales y su aplicación a los modelos espaciales de sostenibilidad de núcleos urbanos.

continuación, se explican, a modo de ejemplo, algunas consideraciones al respecto:

Sector de la agricultura:

Con el objetivo de aumentar la producción en agricultura, puede recurrirse al uso de fertilizantes, empleo de regadío, agricultura intensiva, etc., pero cada una de esas posibles acciones conlleva un coste:

- Uso de abonos y fertilizantes: aumentan la producción, pero una parte de sus sustancias se disuelve con el agua de lluvia o de riego, formando lixiviados que pueden acumularse en acuíferos, los cuales pueden resultar contaminados. Igualmente ocurre con el empleo de plaguicidas, con el agravante de haberse demostrado el uso intensivo de plaguicidas bioacumulables y no biodegradables durante muchos años, como en el caso del DDT (utilizado con intensidad en el siglo XX como insecticida pero, tras la comprobación de que este compuesto se acumulaba en las cadenas tróficas y ante el peligro de contaminación de los alimentos, se prohibió su uso).
- Empleo de regadío: el agua es un recurso limitado. El agua procedente de acuíferos (pozos), debe obtenerse de forma sostenible. Con este objetivo, se deben conocer las reservas, tasa de recarga, lugares hidro-geológicamente más convenientes de explotación, se deben construir perforaciones, etc., así como, asegurar una correcta gestión y protección del acuífero. Con los ríos se debe cuidar además el dejar suficiente agua para no afectar la fauna y flora ribereña (el denominado caudal ecológico).
- Agricultura intensiva: debido a la introducción de un mayor número de plantas por metro cuadrado de una especie especialmente adaptada, se consigue aumentar la producción. Sin embargo, también consume mayor cantidad de nutrientes del suelo (que se retiran con la cosecha y no vuelven al suelo), por lo que se debe programar una rotación de cultivos (diferentes cultivos consumen los nutrientes del suelo en diferentes proporciones y en diferentes estratos y pueden complementarse) y barbechos para limitar la proliferación de parásitos. También entran en juego otros factores, como el interés por preservar la variedad genética de las especies (biodiversidad).

En 1798, el economista Thomas R. Malthus publicó su *Ensayo sobre el principio de la población* (Malthus, T. R., 1998), en el que pronosticó que el consumo humano aumentaría con mayor rapidez que el suministro alimenticio. Frente a pensamientos catastrofistas como el de Malthus, otros autores establecen que la falta de comida no depende de la escasez de recursos, sino de la organización de dichos recursos.

En términos generales, en relación con el deterioro ambiental, se podría realizar una

valoración mediante indicadores que cuantifiquen (medición física) el impacto del desarrollo en el medio ambiente, y mediante actitudes y opiniones cualitativas (medición sociológica). Sin embargo, será necesario determinar si el planteamiento elegido es aplicable en el contexto internacional, es decir, si puede aplicarse a cada país en donde se proponga, teniendo en cuenta tanto su viabilidad técnico-económica como la posibilidad de desarrollarlo dentro del entorno cultural.

Actividades productivas y de servicios:

Otro campo de aplicación del desarrollo sostenible viene dado por su implementación en la producción y los servicios, como puede ser el conjunto de actividades denominadas “Producción Más Limpia”. Este concepto se basa en el principio de sostenibilidad de las actividades humanas necesarias para cubrir las necesidades básicas y suplementarias (calidad de vida), a la vez que incorpora aspectos como las buenas prácticas en la producción, la disminución en el consumo de recursos, la minimización de emisiones, etc. Por lo tanto, el desarrollo sostenible formará parte de la conjunción de economía, bienestar, producción y medioambiente, y por supuesto, deberá tener en cuenta la capacidad de los ecosistemas para proporcionar los distintos recursos requeridos.

Por otra parte, el concepto de desarrollo sostenible depende del contexto en el que se aplica. De este modo, en los países industrializados tiende a concebirse como un concepto global que ha de particularizarse para cada lugar concreto, mientras que en los países menos desarrollados, el concepto de desarrollo sostenible se asienta en la problemática local y debe crecer hacia el ámbito global como suma de las interrelaciones particulares de cada sistema local.

A lo largo de las últimas décadas del siglo XX, y parte de esta primera década del siglo XXI, el concepto de desarrollo sostenible se ha expandido y enriquecido. Sin embargo, en algunos momentos también ha sufrido fragmentaciones, puesto que los países van tomando de él aspectos de acuerdo a la situación que afronten en su diagnóstico ambiental. La consecuencia es que, en muchos casos, no se asume como un concepto universal de cuidado del medio ambiente.

10. Condiciones para el desarrollo sostenible.

En relación con el concepto de desarrollo sostenible, los propios límites de los recursos naturales apuntan tres reglas básicas en relación con los ritmos de dicho desarrollo. (Brundtland, 1987):

25. Diseño de una propuesta de modelización de sistemas medioambientales y su aplicación a los modelos espaciales de sostenibilidad de núcleos urbanos.

- Ningún recurso renovable deberá utilizarse a un ritmo superior al de su generación.
- Ningún contaminante deberá producirse a un ritmo superior al que pueda ser reciclado, neutralizado o absorbido por el medio ambiente.
- Ningún recurso no renovable deberá aprovecharse a mayor velocidad de la necesaria para sustituirlo por un recurso renovable utilizado de manera sostenible.

Cabe destacar que, según algunos autores, estas tres reglas están forzosamente supeditadas a la inexistencia de un crecimiento demográfico.

11. Desarrollo de la metodología.

En un primer planteamiento, podríamos considerar que el aspecto o la variable A depende de otra serie de variables como pueden ser X , Y , Z , etc. Y , como hemos dicho anteriormente, no estamos seguros de si todas las variables que hemos elegido son las idóneas, si nos falta alguna o nos sobra alguna. Pero no podemos perder de vista lo que en realidad estamos buscando: *poder predecir, definir y ser capaces de saber cómo va a variar esa variable A de forma absolutamente genérica.*

Este modo de abordar el problema, abre el campo de trabajo a un aspecto general que nos puede llevar a un "callejón sin salida. Por lo tanto, vamos a darle una vuelta al planteamiento preguntándonos lo siguiente: en realidad, *¿qué es lo que estamos buscando?*

No estamos buscando las variables que definen A . Lo que estamos buscando, *nuestro objetivo, es definir A .*

¿Y si el sistema A se definiera con una sola variable de forma muy precisa? ¿Para qué querríamos más variables?

Este planteamiento tan simplista, nos conduce a una situación que parece tener difícil solución:

¿Cómo estamos seguros de que con una, dos o pocas variables la previsión del aspecto medioambiental A que hemos realizado es suficientemente correcta?

En algunos casos, ese aspecto A podría definirse fácilmente, incluso tendremos datos ya medidos de anteriores experiencias y esto nos conllevaría el tener un número de datos más que suficiente como para poder realizar un análisis estadístico clásico y obtener una

formulación más o menos exacta del modelo, de la que sabríamos con exactitud qué nivel de aceptación o qué nivel de calidad tendría mediante los coeficientes de regresión.

No obstante, puede suceder que alguna de las variables sea muy difícil de medir o cuantificar, incluso que no tengamos datos históricos suficientes como para crear una muestra suficientemente grande que nos permita realizar un estudio estadístico.

En estas circunstancias, resulta oportuno proponer un camino alternativo, que es el de utilizar el *Diseño Factorial de Experimentos*.

Estas dos alternativas, tanto la de emplear el método estadístico clásico como la de aplicar el diseño factorial de experimentos, coinciden en una misma finalidad: tener la capacidad de obtener una modelización del aspecto *A*, aunque a través de dos criterios diferentes: uno cuando se dispone de muchos datos o, aunque no dispongamos de ellos, su obtención no sea excesivamente costosa, y otro cuando disponemos de muy pocos datos y además, por uno u otro motivo, no resulta posible su obtención.

Pero, insistimos, ambos consiguen un mismo fin, que es una formulación, más o menos buena, de un aspecto (en este caso, aspecto medioambiental, *A*).

Hasta ahora, hemos realizado una primera fase en la cual hemos *identificado las variables de las que depende el factor A*. En una segunda fase, de este trabajo, tenemos que *plantear cómo comparamos las variables*. Para ello, efectuaremos una modelización de las mismas, seguida de una normalización dentro del intervalo $(-1, 1)$, y una posterior valoración de las variables.

Deberemos, pues, *diseñar un método que sea capaz de comparar estas variables, cuantificarlas y equipararlas*. O sea, asignar una serie de valores que puedan ser comparados unos con otros.

Por ejemplo, ¿son comparables la concentración de CO, la velocidad del viento o el número de vehículos en una vía o la intensidad de vehículos por hora?

Pero: *¿Cómo vamos a comparar el grado de satisfacción de la sociedad con una cierta actuación medioambiental con la variación generada en el paisaje por la realización de la mencionada infraestructura?*

Tenemos pues, que diseñar un método que sea capaz de convertir esos valores subjetivos, no cuantificables que podríamos llamar cualitativos, en valores cuantificables.

27. Diseño de una propuesta de modelización de sistemas medioambientales y su aplicación a los modelos espaciales de sostenibilidad de núcleos urbanos.

En resumen, el trabajo de investigación que se propone tiene en principio cuatro fases, que posteriormente van a derivar a buen seguro en un gran número de subfases:

1. Definición de variables que afectan al sistema.
2. Influencia de las variables sobre el sistema.
3. Desarrollo del modelo que permita predecir la evolución del sistema mediante la comparación sistemática de las variables de las que depende.
4. Contraste de los resultados. Comparar los resultados obtenidos con la aplicación del modelo a la realidad y analizar la idoneidad del modelo formulado, así como, de los límites y restricciones de su aplicación.

12. Conclusiones.

Como se ha podido comprobar el análisis de la sostenibilidad plantea una serie de dificultades no solo operativas sino también conceptuales.

Esta metodología no pretende ser una panacea, pero sí es un escalón más a subir en el desarrollo de métodos empíricos que nos lleven a la posibilidad de dotar a las personas que tienen el deber de realizar la toma de decisiones, de un instrumento de consulta y predicción que les permita orientarse en la dirección correcta.

La metodología que se va a seguir durante investigaciones posteriores, así como el plan de trabajo de campo, nos permitirá obtener el número de datos necesario para aplicar la metodología expuesta en este trabajo a un caso real.

13. Agradecimientos.

Agradecemos a la Fundación Universidad Alfonso X el Sabio y al Banco de Santander el habernos concedido el proyecto de investigación dentro del cual se han desarrollado los trabajos que han conducido a la redacción de este artículo.

14. Referencias.

Antequera, J. (2005). *El potencial de sostenibilidad de los asentamientos humanos*. Barcelona.

Barracó, H.; Parés, M.; Prat, A.; Terradas, J. (1999). *Ecología d'una Ciutat*. Ajuntament de Barcelona.

Beltrán, D. J. (1998). *Desarrollo sostenible en la U.E.: necesidad, oportunidad y viabilidad. Un nuevo marco para la actividad empresarial*. I Encuentro Empresa y Medio Ambiente. IESE; Universidad de Navarra. Barcelona. Punto 17, Pág.12.

Carrizosa, J. (1995). *Sostenibilidad Regional y Local*. 1995.

Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo. (1987). *Nuestro Futuro Común (Informe Brundland)*.

Francia. 2001. *Declaración Universal sobre la Diversidad Cultural*. UNESCO. París.

Gallopin, G. C. (1997). *Indicators and their Use: Information for Decision-making a Whilley J. Sustainability Indicators*. Moldan & Bilharz eds.

López, L. (2006). *El estudio del medio ambiente. Complejidad e interrelación. Aplicaciones en los procesos atmosféricos de las ciencias ambientales*.

Malthus, T. R. (1998). *Sobre las Limitaciones del Desarrollo de la Población en las partes menos Civilizadas del Mundo y en la Antigüedad*. Méjico.

Ministerio de Medio Ambiente (MMA). (1996). *Indicadores Ambientales. Una Propuesta para España*. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Madrid.

Mora, C. (2008). *Empresas y desarrollo local sostenible. Otros conceptos de economía*. Venezuela.

Munasinghe, M. (1993). *The World Bank. Application of Cost-Benefit Analysis to Climate Change*. Washington, D.C.

Nueva York. (2005). *Documento Final de la Cumbre Mundial 2005*. Sede de las Naciones Unidas en Nueva York. Departamento de Información Pública de las Naciones Unidas.

OCDE. (1994). *Environmental indicators*. Organization for Cooperation and Development. París.

29. Diseño de una propuesta de modelización de sistemas medioambientales y su aplicación a los modelos espaciales de sostenibilidad de núcleos urbanos.

Olabe, A. (2004). *El desarrollo sostenible: un nuevo paradigma*. Jornadas sobre responsabilidad social. Balance social: Instrumento de gestión para la empresa social.

Rueda, S. (1999). “*Modelos e indicadores para ciudades más sostenibles*”, Agencia Europea del Medio Ambiente/Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya/Fundació Fòrum Ambiental. Barcelona.