



SOSTENIBILIDAD Y NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN

Construcción de mapas conceptuales y aplicación a los conceptos desarrollo sostenible e indicadores de sostenibilidad en red

Alfredo Tolón Becerra

Departamento de Ingeniería Rural. Universidad de Almería
atolon@ual.es

Xavier Lastra Bravo

Departamento de Ingeniería Rural. Universidad de Almería
xlastra@ual.es

Fernando Bienvenido Bárcena

Departamento de Ingeniería Rural. Universidad de Almería
fbierven@ual.es

Joaquín García Sobrino

Departamento de Lenguajes y Computación. Universidad de Almería
fgs518@alboran.ual.es

Recibido: 4 de agosto de 2011

Aceptado: 7 de diciembre de 2011

RESUMEN

El campo de la sostenibilidad ha ampliado su ámbito de actuación, desde una primera dimensión puramente ambiental, incorporando aspectos sociales, económicos y políticos. El trabajo de equipos multidisciplinares y el interés general en los temas ambientales, han hecho que a veces el conocimiento especializado sea difícil de compartir por las formas de expresión según el campo de trabajo y el nivel de conocimientos del destinatario. Este problema se acentúa cuando se intenta intercambiar esta información a través de páginas web. En este trabajo, se muestra cómo se puede utilizar una herramienta simple, los mapas conceptuales, para fijar e intercambiar de una manera sencilla, pero potente, este conocimiento. Se muestran las bases de los mapas conceptuales, y de su aplicación en el campo de la sostenibilidad. Posteriormente, se explica el proceso de construcción de una página web que presenta la información recopilada previamente sobre indicadores de sostenibilidad.

Palabras clave: Sostenibilidad, Mapas conceptuales, Indicador de sostenibilidad, Página web.

SUSTAINABILITY AND NEW INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

Concept maps construction and application to sustainable development and sustainable indicators concepts.

ABSTRACT

The field of sustainability has broadened its scope, incorporating social, economic and political aspects, from a first purely environmental dimension. The specialized knowledge, from multidisciplinary teams studies and general interest in environmental issues, is sometimes difficult to share due the different expression forms under field and the level of knowledge of the beneficiary. This problem is greater when trying to exchange this information through web pages. This paper shows how you can use a simple tool, the concept maps, to fix and exchange in a simple manner, yet powerful, this knowledge. We show the basics of concept maps and its application in the field of sustainability. Subsequently, we explain the process of website construction which contains the information previously gathered on sustainability indicators.

Keywords: Sustainability, Concept Maps, Sustainability indicators, Website.

LE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET LES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION

Construction de cartes conceptuelles et application aux concepts de développement durable et des indicateurs de durabilité.

RESUMÉ

Le domaine de la durabilité a élargi son champ, partant d'une dimension purement environnementale, pour intégrer les aspects sociaux, économiques et politiques. Le travail des équipes multidisciplinaires et l'intérêt général dans les questions environnementales, font qu'il soit difficile de partager les connaissances spécialisées, à cause des différentes formes d'expression en vertu du champ de travail et du niveau de connaissance du destinataire. Ce problème est aggravé lorsqu'on essaie d'échanger ces informations à travers des pages web. Ce document montre comment on peut utiliser un outil simple, les cartes conceptuelles, pour fixer et échanger d'une façon simple, mais puissante, cette connaissance. On montre les bases des cartes conceptuelles et son application dans le domaine de la durabilité. Par la suite, on explique le processus de construction d'un site Web qui présente les informations, précédemment recueillies, sur les indicateurs de durabilité.

Mots clé: Durabilité, schémas conceptuels, des indicateurs de durabilité, Site Web.

Enviromática: Informática ambiental

El desarrollo de las TICs en los últimos años, ha permitido su aplicación en todas las ciencias y ámbitos laborales. A nivel internacional, el conjunto de aplicaciones de las TICs en las ciencias ambientales se conoce como "Enviromática" o "Informática Ambiental" (Avouris y Page, 1996; Green y Klomp, 1998; Huang y Chang, 2003; Patig, et. al., 2001; Raubtold y Brunnstein, 1994; Tochtermann, 2000) (Figura 1).

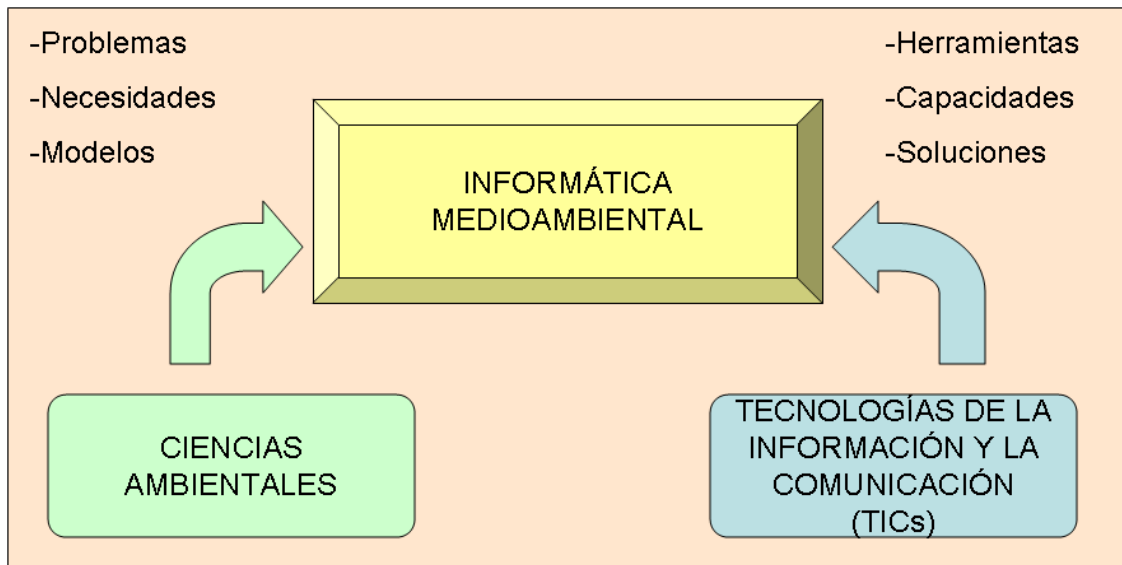


Figura 1. Composición de la Informática Medioambiental o Enviromática

Este nuevo concepto fue desarrollado fundamentalmente en los EEUU y parte de Europa, y se puede definir como “disciplina que integra las distintas aplicaciones de las tecnologías de la información y las comunicaciones en las ciencias medioambientales, mediante una visión holística de los modelos, técnicas y objetivos”, y cuyo objetivo es facilitar la toma de decisiones mediante la relación del conocimiento del dominio con los objetivos ambientales. Esta nueva disciplina integra diversos métodos basados en las tecnologías de la información, junto a redes de monitorización medioambiental versátiles, en asociación con técnicas matemáticas multidisciplinares de simulación y modelado, con el objetivo de ofrecer soluciones que valoren adecuadamente los riesgos, estén orientadas al consenso y sean efectivas en los costos (Huang y Chang, 2003). La enviromática, como disciplina, se puede representar mediante el mapa conceptual que se muestra en la Figura 2.

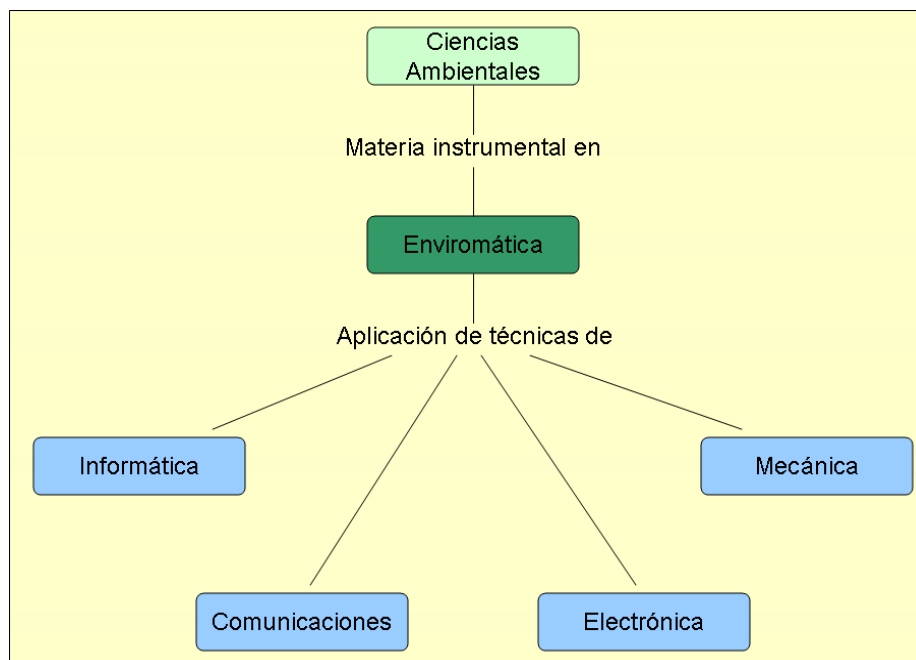


Figura 2. Ubicación de la enviromática como disciplina.

- Las principales características de esta nueva disciplina son:
- **Multidisciplinar.** Incluye múltiples subáreas de las ciencias ambientales, así como diversas tecnologías informáticas y métodos de gestión de la información.
 - **Instrumental.** Los objetivos son los propios de las ciencias ambientales y la parte informática es simplemente una herramienta para conseguir esos objetivos. La diferencia con un uso puramente instrumental es la necesidad de modelos integrados, con objetivos ambientales y métodos propios de las TICs.
 - **Amplio espectro de aplicación.** Cubre labores de investigación, gestión de recursos, administración y difusión.
 - **Específica.** Las tecnologías y métodos a desarrollar son específicos para su uso en las ciencias ambientales y zonas limítrofes de otras ciencias como la agricultura, permitiendo intercambiar y reutilizar técnicas, métodos y resultados.
 - **Internacional.** Permite la búsqueda de soluciones a problemas a nivel mundial, mediante la reutilización y/o el uso de modelos globales

Además, esta disciplina está centrada en el desarrollo de estándares y protocolos, tanto desde el punto de vista técnico como institucional, para la compartición e integración de datos e información medioambiental (University of California at Berkeley). La justificación de esta nueva disciplina, que supone la aparición de equipos multidisciplinarios integrados, viene dada por la complejidad de los modelos a implementar en las herramientas TICs necesarias para el correcto seguimiento y gestión de los sistemas ambientales.

Este tipo de disciplina no es nuevo, basta pensar en la informática documental, la mecatrónica en su versión moderna o la informática médica. La complejidad de los problemas que se tratan ha requerido una especialización que ha generado resultados muy importantes, siendo la parte informática no sólo un instrumento, sino una fuente de soluciones concretas a problemas que se pueden enmendar en la actualidad.

La informática ambiental consiste en un conjunto de técnicas propias que unen las TICs con el conocimiento propio de las ciencias ambientales, de tal forma que sus distintas áreas de trabajo se pueden clasificar según las áreas propias de las ciencias ambientales, teniendo en cuenta la aplicabilidad de los distintos sistemas. En la Figura 3 se muestra una clasificación de las aplicaciones informáticas propias de la enviromática, según el dominio en que se utilizan. El principal interés de esta clasificación es conocer las distintas áreas en que se pueden aplicar las TICs en las ciencias ambientales.

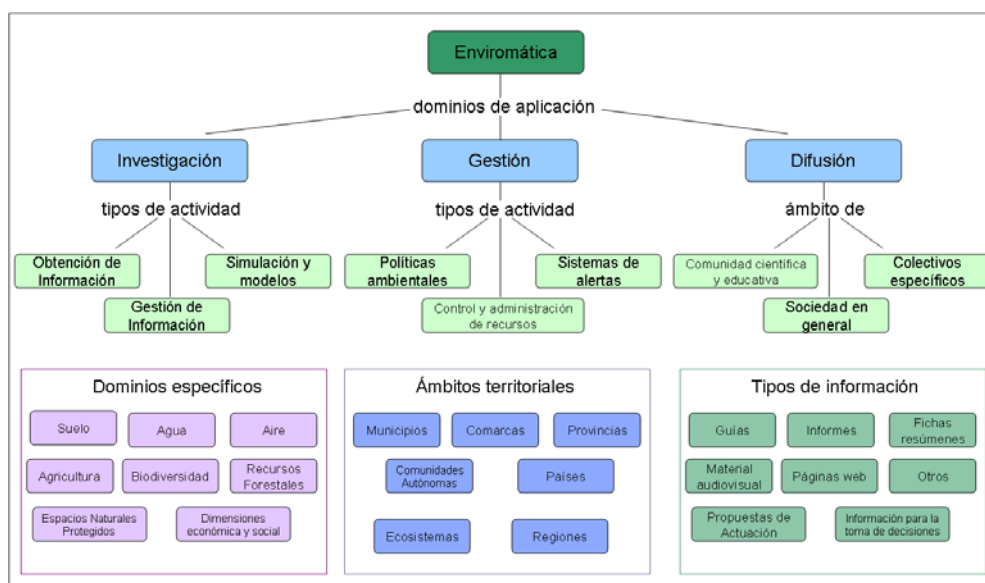


Figura 3. Clasificación de las aplicaciones de la enviromática según dominio

Es importante mantener una visión holística de la disciplina, ya que no se trata de una superposición de aplicaciones. El manejo ambiental tiene unas características propias que condicionan de forma general las aplicaciones. Ésta es una de las razones por las que se pueden tratar en conjunto como una disciplina unitaria. La experiencia desarrollada en un ámbito temático (p.ej. estudio de la fauna), en un área geográfica (p.ej. la comarca del Alanzora), y con un cierto objetivo (p.ej. elaboración de informes), se puede extender a una situación totalmente distinta (suelo, Comunidad Autónoma, información para la toma de decisiones).

Modelado de conocimiento en desarrollo sostenible: uso de mapas conceptuales

El campo de la sostenibilidad, y en especial el desarrollo sostenible, definido este último en el informe Brundtland como "Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas" (WECD, 1987), ha evolucionado en muchos sentidos, en los últimos decenios; desde un punto de vista exclusivamente conservacionista y ambiental, se ha expandido a los ámbitos económico y social (incluyendo en las propuestas más modernas los aspectos de gestión y administrativos).

Esto ha supuesto un incremento en la complejidad de los sistemas, y de la disciplina en sí, que se ha transformado en un campo de trabajo con una enorme interdisciplinariedad, donde han de trabajar no sólo especialistas de ciencias ambientales, agrónomos y ecólogos, sino economistas, geógrafos, geólogos, sociólogos, químicos, estadísticos e informáticos, entre otros. Esto ha supuesto la coexistencia de gran variedad de formas de representación, análisis y comunicación, ya que cada una de las disciplinas tiene un vocabulario y forma de trabajo relativamente específico, dentro del método científico. Esto se agudiza por el hecho de ser una disciplina relativamente nueva, y con una gran velocidad de cambio, debido tanto a su juventud como a la importancia que ha adquirido el concepto en los últimos años (sostenibilidad mundial, economía sostenible, desarrollo rural sostenible...).

Además, en poco más de una década desde su aparición, el concepto de "indicador de sostenibilidad" se ha convertido en un instrumento de uso cotidiano para lograr lo que se conoce como desarrollo sostenible. Desde que en 1992 casi doscientos países acordaran en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro suscribir un plan de acción hacia la sostenibilidad de la llamada Agenda 21, muchos han sido los trabajos desarrollados sobre el tema. En la actualidad, los indicadores de sostenibilidad son una herramienta de gran potencial para evaluar, diagnosticar y gestionar políticas sobre desarrollo sostenible que se llevan a cabo en distintos territorios. Además, el manejo de los indicadores es llevado a cabo por parte de los más diversos usuarios ya que su uso no requiere de un excesivo conocimiento de ellos. Es muy distinto hablar de un sistema de producción sostenible que de un ecosistema sostenible; y es más distinto aún referirse a una sociedad sostenible (Glave y Escobal, 2000).

Pero uno de los problemas detectados en el dominio de aplicación "sostenibilidad", es la variedad de la terminología utilizada, tanto en el nivel de subáreas de aplicación, como el punto de vista territorial. Esto se amplía cuando en la toma de decisiones se incorporan niveles no académicos. En este sentido, la utilización de herramientas informáticas como soporte de una terminología común es una opción a considerar. Pero no sólo se requiere de un vocabulario, sino que se deben identificar los conceptos clave en modelos que puedan ser intercambiados entre todos los agentes implicados en el desarrollo sostenible de un área geográfica determinada (que en algunos casos pueden incluso ser analfabetos).

Por tanto, se requiere modelar el conocimiento de manera que éste sea fácilmente intercambiable, interpretable, y suponga un consenso común sobre el significado de los

conceptos integrados. En este sentido, se integraría todo el trabajo relacionado con el dominio de aplicación "sostenibilidad" en la sociedad del conocimiento, tal y como se considera en la actualidad: *"Sociedad caracterizada por una estructura económica y social, en la que el conocimiento ha substituido al trabajo, a las materias primas y al capital como fuente más importante de la productividad, crecimiento y desigualdades sociales"* (Drucker , 1994). En este sentido, en la Figura 4 se muestra cómo se utilizarían las tecnologías propias de la sociedad del conocimiento como soporte del desarrollo sostenible.

Para modelar el conocimiento sobre desarrollo sostenible y construir el vocabulario común, se puede optar por utilizar una de las herramientas de adquisición y representación del conocimiento más simples disponibles, los mapas conceptuales. La definición de los mapas conceptuales permitirá no sólo construir modelos fácilmente comunicables y definir un vocabulario propio, sino también definir un prototipo de etiquetado XML, que pueda ser utilizado para insertar una determinada información en la Web 2.0 (W3C, 2008).



Figura 4. Integración del desarrollo sostenible en la sociedad del conocimiento.

Concepto y uso de los mapas conceptuales

Los mapas conceptuales se pueden definir como *"recursos esquemáticos para presentar un conjunto de significados conceptuales incluidos en una estructura de proposiciones"* (Novak, 1998). Son instrumentos de representación del conocimiento, que dan una idea clara sobre conceptos complejos y facilitan su enseñanza-aprendizaje, siendo utilizados inicialmente como herramientas docentes (Cañas, 2005). Se basan en la lógica de predicados relacional (de primer orden), y su representación más común es mediante grafos. Pueden incluir imágenes en su diseño para representar visualmente lo que se quiere, constituyendo lo que se denomina como mapas mentales.

Los mapas conceptuales están constituidos principalmente por dos tipos de elementos, conceptos y relaciones. Los conceptos son elementos básicos del dominio de aplicación bajo estudio. Normalmente llevan asociada una definición, y en algunos casos disponen de juegos de sinónimos e incluso imágenes. Se representan mediante burbujas

o cajas, y están etiquetados por nombres o frases nominales cortas, y con un significado claro. Una de las mayores dificultades es encontrar la notación adecuada.

El otro elemento, las relaciones, indica cómo se integran un par de conceptos dados, mostrando la relación que los liga. Se almacenan en forma de predicado de relación, si bien se puede establecer una relación única de un concepto con un conjunto de conceptos (por ejemplo, un todo con sus partes, está ligado por la relación "se compone" o "es parte de"). Las relaciones admiten una doble lectura según el orden en que manejan los conceptos. Normalmente, las relaciones se expresan mediante líneas etiquetadas. El orden de relación de los conceptos está normalmente implícito en la dirección de lectura, de arriba abajo y de izquierda a derecha. En la Figura 5 se indica la composición de un mapa conceptual en conceptos y proposiciones, y no al revés. Se ha propuesto aclarar la direccionalidad de las relaciones con flechas, pero no ha sido adoptado hasta la actualidad.

Por lo tanto, un mapa conceptual, que según su definición es "un resumen esquemático que representa un conjunto de significados conceptuales incluidos en una estructura de proposiciones", es un resumen, porque contiene las ideas más importantes de un mensaje, tema o texto. También es un esquema, dado que es una representación gráfica que se simboliza principalmente con modelos simples (líneas y óvalos) y pocas palabras (conceptos y palabras enlace), dibujos, colores, líneas, y flechas (conexiones cruzadas). Muestra una estructura en la que se visualiza la ubicación y la organización de las distintas partes de un todo: todos los conceptos están unidos con líneas, y se encuentran dentro de óvalos. Incluye un conjunto de significados, dado que se representan ideas ligadas y con sentido, enunciadas a través de proposiciones y/o conceptos (frases).

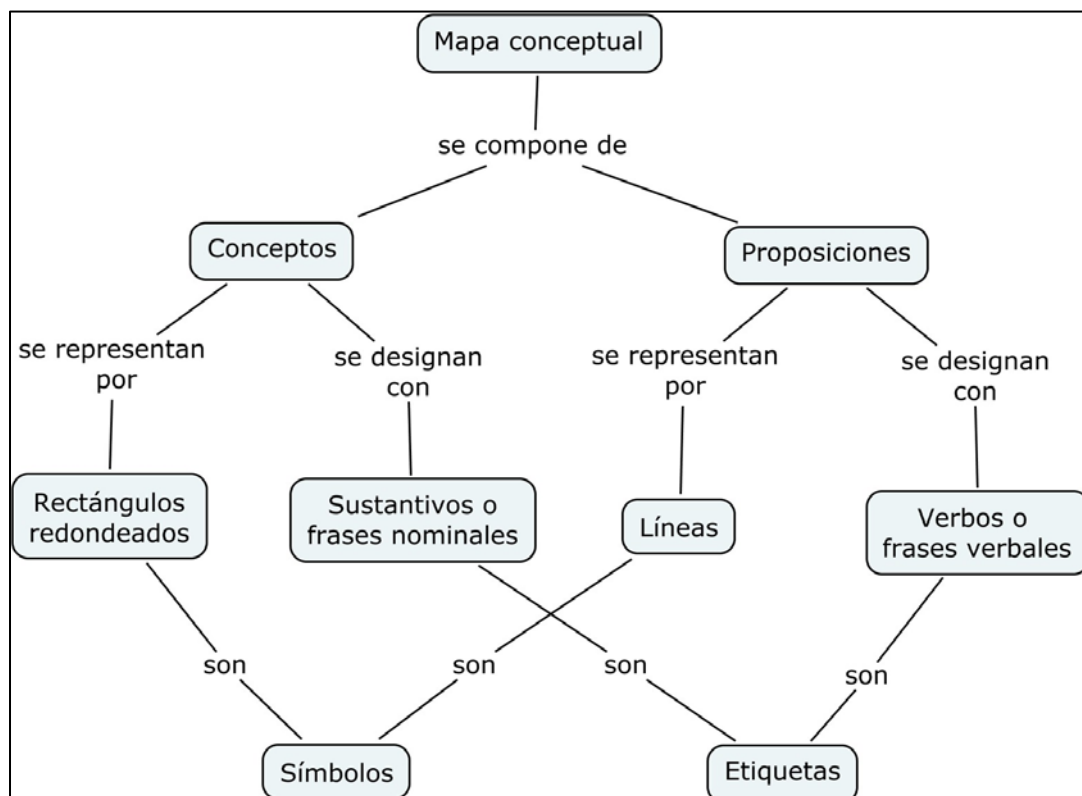


Figura 5. Descripción de los mapas conceptuales mediante un mapa conceptual.

Cualquier mapa conceptual deber tener las siguientes características:

- Deben ser simples, y mostrar claramente las relaciones entre conceptos y/o proposiciones.

- Ir de lo general a lo específico. Las ideas más generales ocupan la parte superior de la estructura, y las más específicas y los ejemplos, la parte inferior.
- Suele buscarse un diseño con la mayor simetría posible, aún cuando muchos autores abogan porque los mapas no tienen que ser necesariamente simétricos.
- Los conceptos, que nunca se repiten, van dentro de óvalos, y las palabras de enlace, se ubican cerca de las líneas de relación.
- Los conceptos deben escribirse con una letra inicial mayúscula, y las palabras de enlace en minúscula, pudiendo ser distintas a las utilizadas en el texto, siempre y cuando se mantenga el significado de la proposición.
- Las palabras de enlace serán verbos, preposiciones, conjunciones, u otro tipo de nexo conceptual. Las palabras de enlace le dan sentido al mapa, incluso para personas que no conozcan sobre el tema.
- Si la idea principal puede ser dividida en dos o más conceptos iguales, estos conceptos deben ir en la misma línea o altura.
- Un mapa conceptual es una forma breve de representar a la información.

Los errores en los mapas se generan si las relaciones entre los conceptos son incorrectas. Es fundamental considerar que en la construcción de un mapa conceptual, lo importante son las relaciones que se establezcan entre los conceptos a través de las palabras de enlace, que permiten configurar un "valor de verdad" sobre el tema estudiado. Es decir, si se construye un mapa conceptual sobre la "Sostenibilidad de los espacios rurales", la estructura y relaciones de éste deben llevar a representar este concepto, y no otro.

Para elaborar mapas conceptuales se requiere dominar la información y los conocimientos (conceptos) con los que se va a trabajar, lo que indica que si no se posee conocimientos previos, se podrían generar los siguientes fallos en su construcción:

- Que sea una representación gráfica arbitraria, ilógica, producto del azar y sin una estructuración pertinente.
- Que sólo sean secuencias lineales de acontecimientos, donde no se evidencie la relación de lo más general a lo específico.
- Que las relaciones entre conceptos sean confusas, e impidan encontrarle sentido y orden lógico al mapa conceptual.
- Que los conceptos estén aislados, o lo que es lo mismo, que no se dé la interrelación entre ellos.

En el contexto de los mapas conceptuales (Figura 6), se destaca que son una herramienta para representar el conocimiento de forma estructurada, utilizando básicamente conceptos y conectores de relación, desde el punto de vista instrumental. El significado se incluye en los conceptos (como abstracciones de hechos y objetos) y las proposiciones (como par de conceptos relacionados por un conector concreto). Los conceptos y proposiciones están estructurados de forma jerárquica, que constituye el esqueleto de la estructura cognitiva descrita.

Además, todo mapa conceptual implica una visión personal de la persona que aporta el conocimiento (conceptos y relaciones); normalmente, se trata de un experto en el dominio. La construcción y utilización de un mapa conceptual son siempre fuertemente dependientes del contexto, tanto personal como social, y del ámbito de trabajo. Esto supone un vocabulario, conjunto de objetos, y una forma particular de relacionar los elementos. La utilidad básica de los mapas conceptuales es el intercambio de conocimiento, bien de manera unidireccional (enseñanza y aprendizaje) o bidireccional (colaboración). Finalmente, los principales campos de aplicación de los mapas conceptuales son la enseñanza, la extracción del conocimiento, el modelado de conocimiento, la gestión y presentación de información (consultas) y la construcción de ontologías.

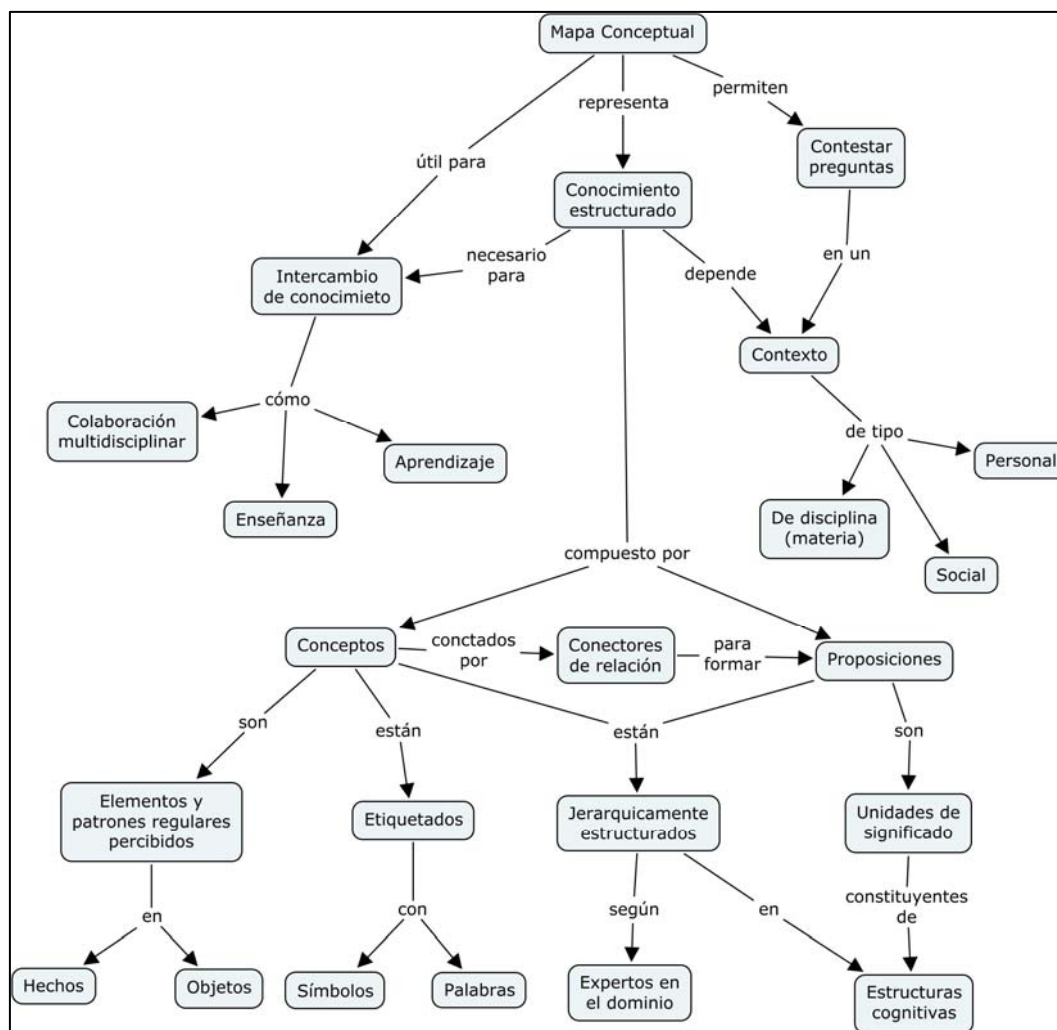


Figura 6. Contexto de los mapas conceptuales.

Fuente: Elaboración propia a partir de: IHMC, 2011.

Construcción de mapas conceptuales

Para construir mapas conceptuales, se debe considerar una fase previa que consiste en delimitar el dominio de estudio. Es decir, fijar el ámbito temático que se desea cubrir con el mapa conceptual. Este fase previa tiene mayor relevancia cuando se trata de un trabajo en colaboración, ya que una idea diferente por parte de los distintos expertos puede llevar a un mapa confuso, o incluso a un total fracaso a la hora de construirlo, pues el conocimiento que aporta cada experto es incoherente con el de los otros. En el trabajo individual de modelado del conocimiento, si bien no es tan crítica la definición del dominio, sí ayuda a decidir de manera más simple dónde se requiere parar. Una incorrecta definición de los límites del dominio, supone una posterior tarea de podado de conceptos, más intensa y costosa.

Una vez definido el ámbito de trabajo, el desarrollo de los mapas conceptuales se realiza en siete etapas:

- Selección de 10 ó 12 términos conceptuales clave, relacionados con las categorías clave (del tema a tratar).
- Ordenación de los términos conceptuales más generales a los menos generales y específicos.

- c. Elaboración del mapa conceptual, organizando proposiciones (frases) en las que se utilicen claramente palabras de enlace.
- d. Identificación de relaciones cruzadas entre los conceptos (relaciones circulares u horizontales entre conceptos, entre otras).
- e. Completar los mapas conceptuales, ampliando los conceptos a través de las relaciones, y viceversa.
- f. Análisis del mapa extendido, mejorando la presentación y ampliando la claridad de la descripción. Se requiere reorganizar la posición de los conceptos y relaciones, normalizar la terminología de conceptos y relaciones no importantes, y dividir los mapas complejos en varias partes.
- g. Construcción de un glosario de conceptos y relaciones que sirva de ayuda a la interpretación del mapa conceptual. Esta etapa normalmente se desarrolla en paralelo con el mapa conceptual.

Para la construcción de los mapas conceptuales se puede utilizar papel y lápiz (inicialmente), o bien herramientas informáticas básicas (Word, Power Point, Paint, etc.), o específicas que permiten una funcionalidad ampliada, como es la incorporación de imágenes, textos descriptivos, o conexión entre mapas parciales. Entre las herramientas específicas destaca CmapTools, desarrollada por IHMC (IHMC, 2011).

Ejemplos de uso de mapas conceptuales en sostenibilidad

El uso de los mapas conceptuales en el estudio de los indicadores de sostenibilidad es novedoso, pero no lo es su uso en sostenibilidad. Existen diversos ejemplos de uso en la web, sobre todo en actividades de tipo docente, pero también para la toma de decisiones, como es el caso de las Aulas Verdes de la Junta de Andalucía (Junta de Andalucía, 2011), o los cursos de planificación turística en Baleares (Turismo Sostenible, 2011) (Figura 7).



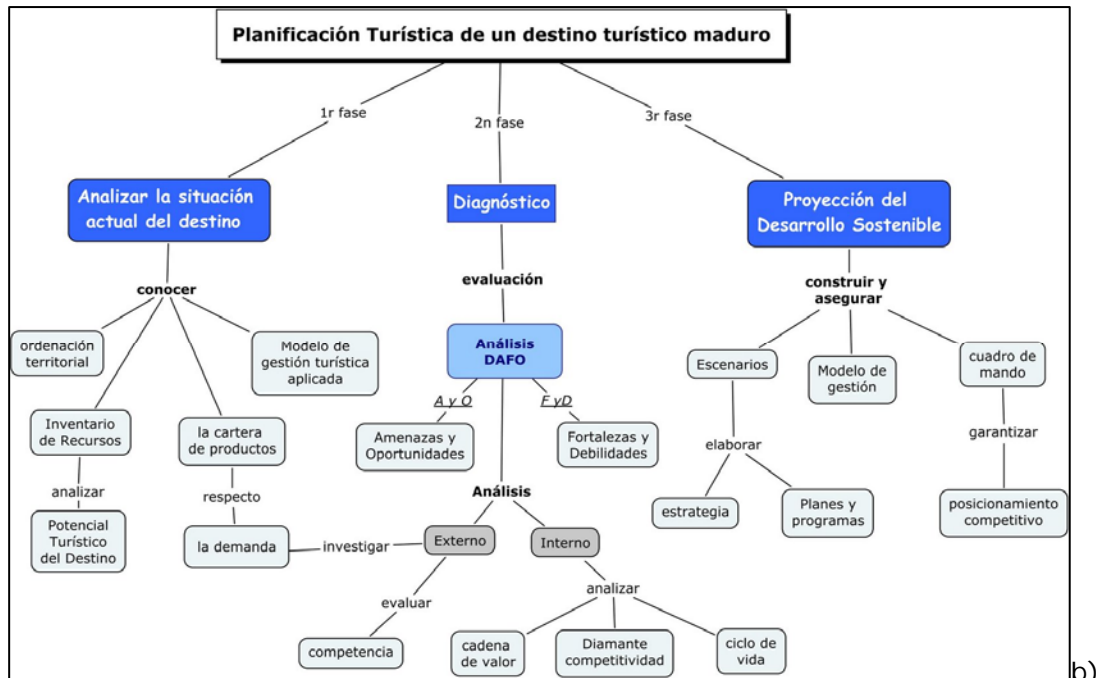


Figura 7. Uso de los mapas conceptuales en las Aulas Verdes (a) de la Junta de Andalucía y en la Planificación Turística de Baleares (b).

Un aspecto de especial interés es la construcción de ontologías sobre sostenibilidad, a través de mapas conceptuales, propuesta por Nomura en su modelo para estructuración del conocimiento en ciencias de sostenibilidad (Kumazawa et al., 2009). En su modelo los mapas se utilizan para explotar el conocimiento almacenado en las ontologías.

Desarrollo de una página web integrando mapas conceptuales sobre indicadores de sostenibilidad

Metodología

Análisis de distintos textos sobre sostenibilidad

Primero se decidió el método de obtener el conocimiento, bien creando una ontología basada en los conocimientos de un experto, o mediante una serie de documentos estructurados sobre sostenibilidad. Para este trabajo, se optó por esta última opción, ya que abarca un mayor campo de trabajo. El inconveniente de preguntarle a un experto es que su conocimiento generalmente abarca un campo de actuación, pero el campo de la sostenibilidad es mucho más extenso y una sola persona no es capaz de abarcarlo por sí sola. Los documentos sobre sostenibilidad contienen prácticamente toda la información que un experto puede proporcionarnos. Siendo necesario estudiarlos en profundidad para obtener el conocimiento necesario.

A continuación, se decidió cómo organizar la estructura de conocimiento. Mediante el estudio de un conjunto de conceptos se pudo comprobar que existía una dependencia entre ellos, por lo que para reflejar estas relaciones entre unos términos y otros, se optó por utilizar mapas conceptuales que organizan de manera lógica y estructurada el conocimiento, reflejando claramente las relaciones entre los conceptos.

El primer paso para crear la base de conocimiento fue seleccionar un conjunto de textos estructurados sobre sostenibilidad, a partir de los cuales se extrajeron los conceptos clave que sirvieron de base de los mapas conceptuales. Para ello, se realizó una búsqueda de documentos donde se trataran temas relacionados con la sostenibilidad

en espacios rurales. En una primera fase se seleccionó un total de 53 documentos donde se estudiaban temas como el agua, los cultivos, la riqueza y la pobreza, los procesos productivos sostenibles, etc.. Los documentos procedían de distintas zonas geográficas para conseguir conceptos centrales, lo más globales posibles.

Una vez determinada esta primera selección de documentos, el siguiente paso fue estudiarlos en profundidad y catalogarlos, con el fin de hacer una segunda selección en la que se basara este estudio. De esta manera, se descartaron textos de temática redundante, ambiguos o que no se adecuaban lo suficiente a nuestras necesidades.

Posterior a la segunda selección, se obtuvieron 12 documentos sobre sostenibilidad que respondían a los requerimientos de este estudio y en los que se basó la generación de los mapas.

Los textos seleccionados fueron: *"La participación local en procesos productivos sustentables (Oaxaca)"*, *"Economía del arroz"*, *"Sostenibilidad de usos del agua en el territorio frontera de los antiguos reinos de Granada y Murcia"*, *"Sostenibilidad y cultura campesina: Hacia modelos alternativos de desarrollo rural. Una propuesta desde Cataluña"*, *"Agua que no has de beber... 60 respuestas al Plan Hidrológico Nacional"*, *"Sostenibilidad y Patrimonio Natural"*, *"El Niño - La Niña: El fenómeno océano - atmosférico del Pacífico Sur, un reto para la ciencia y la historia"*, *"El potencial de sostenibilidad de los asentamientos humanos"*, *"Procesos sustentables en Dakar, Senegal"*, *"Impactos ambientales de la salmonicultura en la región de Los Lagos"*, *"Riqueza, pobreza y desarrollo sostenible"* y *"Una gráfica de la teoría del desarrollo: Del crecimiento al desarrollo humano sostenible"*.

Selección de los conceptos básicos

Para crear la estructura de conocimiento, una vez seleccionados los documentos sobre sostenibilidad, el siguiente paso fue estudiar estos documentos. Se extrajeron los conceptos principales y se organizaron jerárquicamente según estuvieran relacionados entre sí. Se observó como conceptos sobre una temática concreta en un lugar determinado estaban relacionados con conceptos que se habían obtenido de un documento con una temática completamente diferente y de otra área geográfica.

Construcción de los mapas conceptuales

A partir de los conceptos seleccionados, se creó una serie de mapas que relacionaban esos conceptos entre sí, de manera jerárquica e inclusiva. Inicialmente, se creó un sólo mapa conceptual donde se relacionaran todos los conceptos entre sí, pero debido a su gran número, las dimensiones del mapa eran desproporcionadas, siendo prácticamente imposible trabajar con éste y resultando algo completamente ilegible y gigantesco. Por tanto, se distribuyeron los conceptos en distintos niveles de manera que existiese una jerarquía de mapas conceptuales donde se distribuirían los conceptos.

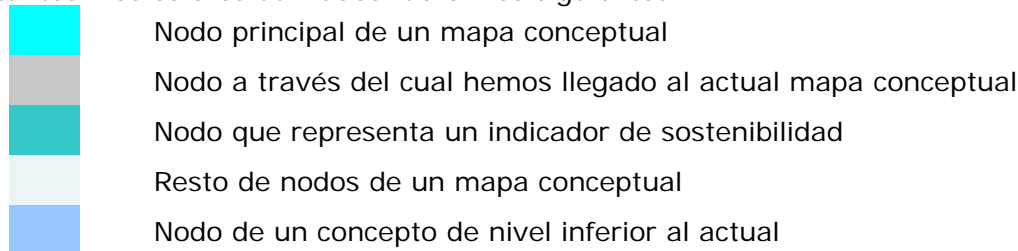
Durante la construcción de los mapas conceptuales, los conceptos fueron sometidos a varios procesos de reorganización y refinamiento, para eliminar conceptos inconexos, aislados o que carecían de significado por sí solos.

Unificación de los mapas conceptuales

Se requiere poder navegar cómodamente por la estructura de los mapas conceptuales, permitiendo un desplazamiento libre desde un punto a otro del mismo. Por ello, se buscó que cada nodo de la red fuera accesible desde cualquier otro. De este modo se consiguió que partiendo de un concepto como "sostenibilidad", se llegara al concepto "desarrollo sostenible".

Para conseguir la máxima claridad en la estructura, se utilizó una jerarquía de colores de fondo para los nodos que forman los mapas conceptuales. De este modo se puede distinguir entre el nodo principal, el nodo a través del cual hemos accedido al

presente mapa, el nodo que representa un indicador de sostenibilidad y los nodos restantes. Los colores utilizados fueron los siguientes:



En la Figura 8 se puede observar un ejemplo de mapa conceptual con la notación propuesta. Este campo de conocimiento se obtuvo a partir de 5 documentos estructurados sobre sostenibilidad. Sin embargo esta estructura no es estática ni definitiva, sino que podrá ser mejorada conforme aparezcan nuevos conceptos, según se vayan estudiando nuevos documentos

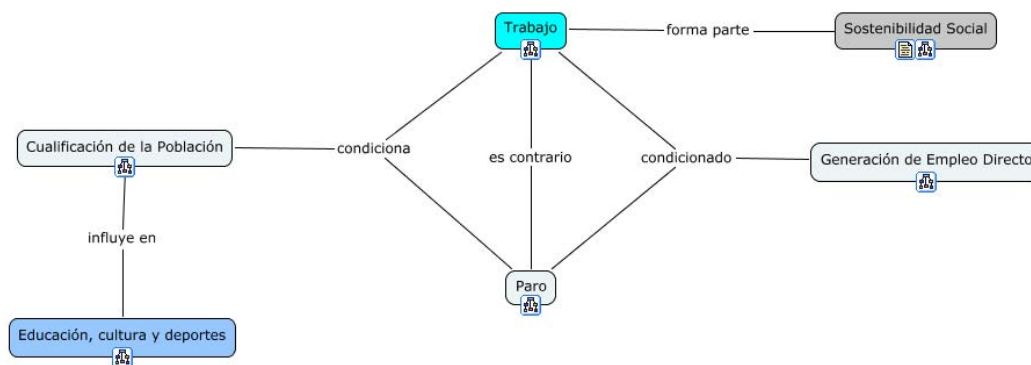


Figura 8. Mapa Conceptual del concepto "Trabajo"

Se obtuvieron un total de 369 conceptos organizados de la siguiente manera: un Concepto Principal de Primer Nivel (Sostenibilidad), tres Conceptos de Segundo Nivel (Ámbitos de la Sostenibilidad), 22 Conceptos de Tercer Nivel (Conceptos Relacionados con los Ámbitos de Sostenibilidad con Nivel 1 de Profundidad), 37 Conceptos de Cuarto Nivel (Conceptos Relacionados con los Ámbitos de Sostenibilidad con Nivel 2 de Profundidad), 10 Conceptos de Quinto Nivel (Conceptos Relacionados con los Ámbitos de Sostenibilidad con Nivel 3 de Profundidad) y 296 Conceptos de Sexto Nivel (Indicadores de Sostenibilidad).

Construcción final de los mapas conceptuales

El resultado de esta estructura es una red donde se organiza toda la información incluida en los mapas, y donde quedan reflejadas las relaciones entre los datos. La estructura en forma de red multinivel engloba y organiza el conocimiento extraído de los documentos. En total se construyeron 714 mapas conceptuales que se organizaron de la siguiente manera:

- La entrada a la red, como se puede observar en la Figura 9, es un mapa donde aparece el concepto de sostenibilidad y las dos formas de abordarlo, bien a través de los indicadores de sostenibilidad o bien mediante los conceptos relacionados con la sostenibilidad. Los indicadores de sostenibilidad, se han caracterizado de dos formas, según sus características generales y según sus características operacionales. Las características operacionales reflejan quién usa los indicadores de sostenibilidad, por quién están definidos, quién propone estos indicadores y para qué sirven. Las características generales muestran a qué nivel se aplican, en qué valores se miden y

con qué temporalidad se hacen las mediciones de los indicadores. A través de este camino podemos llegar a los indicadores en sí, donde se indican las características de los mismos.

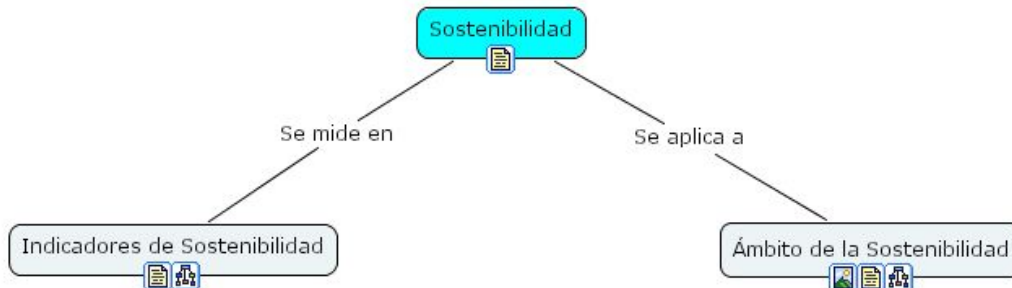


Figura 9. Nodo de entrada a la red

- Siguiendo la opción de estudiar la sostenibilidad a través de la rama de los conceptos relacionados con el desarrollo sostenible, en primer lugar se obtuvo una ramificación según el ámbito de la sostenibilidad que puede ser social, ambiental o económica. Esto nos lleva al siguiente nivel, donde tenemos conceptos relacionados con la sostenibilidad ambiental, económica y social. En este punto podemos acceder a los indicadores relacionados con estos conceptos o ver un siguiente nivel de términos que están relacionados con estos últimos. En cualquier caso, desde cada concepto se puede acceder a los indicadores que están relacionados con él. Del mismo modo, desde cada indicador se puede ir al concepto con el que está relacionado, o estudiar cuáles son sus características, tanto generales como operacionales, desde las cuales podemos volver al nodo inicial, completando así el círculo. La Figura 10, muestra un ejemplo de mapa para un indicador (tasa de paro) accedido desde el concepto asociado (paro).



Figura 10. Mapa conceptual de un indicador de sostenibilidad

- Al crear las relaciones entre los distintos conceptos, se buscó en todo momento la claridad y legibilidad de los mapas. De este modo, se han primado las relaciones fuertes frente a las débiles. Es decir, sólo se muestran las relaciones evidentes. No todas las relaciones se representan de forma explícita ya que se pueden construir a través de otras relaciones. Por ejemplo, el concepto "agricultura", es un término que está relacionado con la sostenibilidad ambiental, económica y social. Sin embargo, la relación con sostenibilidad social es más débil que con las otras dos y por eso se hace

de forma indirecta. Caso contrario, se crearían miles de relaciones indirectas y los mapas se convertirían en algo completamente ilegible. La clave para decidir si una relación tiene que ser reflejada de forma explícita o no, es el nivel de impacto que presenta.

- Cuando existe un número considerable de conceptos y es necesario que sus relaciones se crucen, pueden presentarse problemas al querer mantener una buena comprensión de los mapas manteniendo la claridad de los mismos. Una posible solución es usar relaciones direccionales. Sin embargo, para mantener un uso purista de los mapas conceptuales, se optó por establecer una interpretación de los mapas siempre de arriba abajo y de izquierda a derecha. Aunque mediante la lógica se conseguía una perfecta comprensión de los mismos.
- Finalmente, se decidió la terminología a emplear en la descripción de las relaciones. En los mapas donde se muestran los indicadores de sostenibilidad relacionados con un determinado concepto se utilizó la relación "su estado se muestra con", y en los mapas donde se muestran las características de un indicador, "muestra el estado de".

Construcción de la Página Web

Para gestionar la estructura creada en los mapas conceptuales se construyó una página web que permita la navegación por toda la red de mapas y estudiar con detalle el campo de la sostenibilidad reflejado en los mismos. Las páginas web que contienen los mapas conceptuales se generaron con la herramienta Cmap Tools, a través de la opción que permite exportar un mapa como página web.

Sin embargo, este método no permitió la expansión de los nodos del mapa cuando éstos lo requerían, por ello, se modificó la opción del menú "Indicadores de Sostenibilidad por Características". Se simuló manualmente para que el mapa una vez mostrado en forma de página web se comportara igual que lo hacía en el programa. Para ello se convirtieron los nodos en zonas sensibles, donde al hacer clic sobre ella se abra una página donde aparezca el mismo mapa anterior, pero con el nodo correspondiente a la zona sensible expandido y mostrando los indicadores relacionados con ese nodo. De este modo conseguimos simular el comportamiento del programa Cmap Tools en la página web.

La página web está compuesta por un título en la parte superior, un menú en la parte izquierda y una parte central donde se visualizan los mapas conceptuales (Figura 11). De esta manera, con la construcción de la página web se busca que la utilidad de la estructura sea aún mayor, ya que se podrá hacer uso de ella sin la necesidad de usar el programa inicialmente utilizado para la construcción de la red y que hasta ese momento era la única forma de poder trabajar con los mapas (Cmap Tools).

Cada mapa conceptual indica en todo momento en qué opción del menú se encuentra localizado. También desde el menú se puede acceder a una lista para acceder directamente a cualquier mapa conceptual de la red, haciendo que la navegabilidad sea mayor.

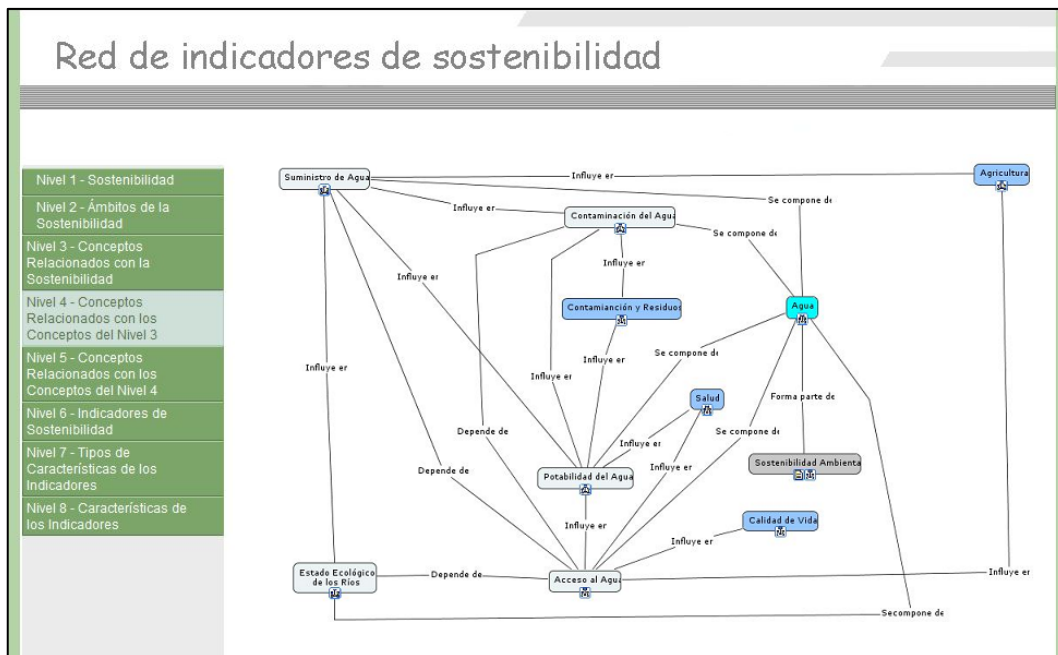


Figura 11. Página web mostrando un mapa conceptual

Conclusiones

En la enviromática, y específicamente en el campo de la sostenibilidad, se requiere en gran medida un trabajo de sistematización y ordenación de contenidos. La inclusión de las ciencias de la sostenibilidad en la sociedad del conocimiento, y en la web 2.0, requiere que todo el conocimiento sistematizado (trabajo interdisciplinar y multi-nivel), sea formulado de una forma simple, pero rigurosa.

Los mapas conceptuales pueden ser una de las herramientas que ayuden a representar (y construir) modelos de sostenibilidad. Los conocimientos formalizados se pueden ensamblar en forma de ontologías sobre sostenibilidad, que pueden servir como marco de trabajo genérico. La información formalizada (y almacenada en ontologías) es susceptible de ser incluida en la Web 2.0 mediante el uso de etiquetas semánticas (XML), como ya ha ocurrido en algunos campos (GIS, Medicina).

La aplicación de los mapas conceptuales en la construcción de una estructura de conocimiento sobre sostenibilidad permitió confeccionar una pequeña, aunque extensa telaraña del conocimiento, que recoge toda la información relativa a este tema. Muchas de las características de las Mapas Conceptuales y los Indicadores de Sostenibilidad han sido teorizadas, analizadas, descritas, explicadas y puestas en práctica a la hora de llevar a cabo este trabajo.

Se observó cómo aplicando los conceptos de los Mapas Conceptuales al campo de la sostenibilidad, se facilita el trabajo a la hora de buscar cualquier tipo de información. La creación de la página web permitirá un fácil acceso a la información para todos los usuarios. Una de las grandes ventajas de la estructura creada es que la información se puede actualizar continuamente, no convirtiéndose en algo estático y no quedando obsoleta en ningún momento.

Bibliografía

- 1 *Junta de Andalucía*. 2011. Aulas Verdes. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/contenidoExterno/Pub_aula_verde/aulaverde25/actividades.html
- 2 *Avouris, N.M., Page B.* (Eds). 1996. Environmental Informatics. Methodology and Applications of Environmental Information Processing. Springer-Verlag Computer and Information Science , Vol. 6.
- 3 *Cañas, A.J., Carff, R., Hill, G., Carvalho, M., Arguedas, M., Eskridge, T.C., Lott, J., Carvajal, R.* 2005. Concept Maps: Integrating Knowledge and Information Visualization. En: Tergan, S., Keller, T. (eds.), Knowledge and information visualization: Searching for synergies. LNCS, 3426, 205-219.
- 4 *Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo*.1987. Informe Brundtland (Nuestro Futuro Común).
- 5 *Drucker, P.F.* 1994. The Age of Social Transformation. The Atlantic Monthly, 273, 11. Disponible en: <http://www.theatlantic.com/election/connection/ecbig/soctrans.htm>
- 6 *Glave, M., Escobal, J.* 2000. Indicadores de sostenibilidad para la agricultura andina. Boletín Agroecológico, 67.
- 7 *Green, G., Klomp, N.I.* 1998. Environmental informatics - a new paradigm for coping with complexity in nature. Complex Systems 98, R. Standish (ed.), UNSW. p. 36-44.
- 1 *Huang, G.H., Chang, N.B.* 2003. Perspectives of Environmental Informatics and Systems Analysis, Journal of Environmental Informatics, 1 (1), p. 1-6.
- 2 *Institute for Human and Machine Cognition (IHCM)*. 2011 CMapTools. Disponible en: <http://cmap.ihmc.us/conceptmap.html>
- 3 *Novak, J.D.* 1998. Learning, creating, and using knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, N.J.,USA.
- 4 *Patig, S.* et al. 2001. Environmental Information Systems in Industry and Public Administration. IGI Publishing.
- 5 *Raubtold, R., Brunnstein, K.* (eds). 1994. Trends in Environmental Information Processing". Proceedings of the IFIP Congress 92 – Volume 2. Elsevier Science Publishers B.V.
- 6 *Tochtermann, K., Maurer, H.* 2000. Knowledge Management and Environmental Informatics. Journal of Universal Computer Science, 6, 5, p. 517-536.
- 7 *Turismo sostenible*. 2011. El blog de los mapas conceptuales. Disponible en: <http://elblogdelosmapasconceptuales.blogspot.com/>
- 8 *United Nations World Commission on Environment and Development (WCED)*. 1987. Our Common Future. Oxford University Press, Oxford.
- 9 *University of California at Berkeley*. 2004. Biosphere Data Project.
- 10 *World Wide Web Consortium Oficina Española (W3C)*. 2006. Guía breve de Tecnologías XML, Disponible en: <http://www.w3c.es/Divulgacion/Guiasbreves/TecnologiasXML>
- 11 *Kuwazawa, T., Saito, O., Kozaki, K., Matsui, T., Mizoguchi, R.* 2009. Toward knowledge structuring of sustainability science based on ontology engineering. Sustainability Science, 4(1), 99-116.