

COMPROMISO MEDIOAMBIENTAL DE LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS. APLICACIÓN DE LA RED NEURONAL DE KOHONEN

Eider Arsuaga Uriarte, Universidad de Deusto
Unai Tamayo Orbegozo, Universidad del País Vasco
Azucena Vicente Molina, Universidad del País Vasco

RESUMEN:

El medio ambiente es un factor cada vez más importante para la obtención de ventajas competitivas en las empresas. En el presente trabajo, se analiza inicialmente la situación de las empresas españolas en el marco internacional. Posteriormente se realiza un análisis comparativo entre Comunidades Autónomas, estudiando la evolución de su comportamiento medioambiental a lo largo de los últimos años. A fin de identificar los distintos comportamientos medioambientales se ha empleado la red neuronal *Self-Organizing Map* (SOM), la cual mediante una proyección no lineal de la base de datos objeto de estudio, permite identificar las diferentes estrategias medioambientales desarrolladas por las empresas, así como su agrupación o clusterización.

PALABRAS CLAVE:

Compromiso medioambiental, formación medioambiental, sistemas de gestión medioambiental, análisis cluster, *Self-Organizing Map* (SOM).

1.- INTRODUCCIÓN: POLITICA ECONÓMICA Y MEDIO AMBIENTE

La situación del medio ambiente ha sido una de las principales preocupaciones de la Unión Europea desde la década anterior. En este sentido, el Tratado de Maastrich de 1992 establece como uno de los objetivos prioritarios “promover un desarrollo armonioso, equilibrado y sostenible de las actividades económicas y un alto nivel de protección y de mejora de la calidad del medio ambiente. Esta preocupación queda reflejada expresamente en el artículo sexto de dicho tratado, donde se exige que la protección del medio deberá integrarse en la definición de la realización de políticas y acciones de la Comunidad Europea, con objeto de fomentar un desarrollo sostenible”¹ (Unión Europea).

Posteriormente, en 1998, con la Cumbre de Cardiff se sentaron las bases de una acción coordinada comunitaria para la integración de los temas medioambientales. En ese foro, la Comisión presentó una serie de contribuciones relativas a la integración del medio ambiente en materias tales como la energía, el transporte, la agricultura, el mercado interior, el desarrollo, la industria, la pesca y la política económica.

En marzo de 2000, en Lisboa, el Consejo Europeo puso en marcha una nueva estrategia dirigida a convertir a la Unión Europea en la economía más competitiva y dinámica del mundo para 2010. Su objetivo es facilitar una renovación económica, social y medioambiental de la UE teniendo en cuenta el desarrollo sostenible y la cohesión social. Ello dio lugar, en junio de 2001 a la adopción de la estrategia de desarrollo sostenible de la Unión Europea, que situó el desarrollo sostenible en el eje del debate político al plantear como principio la necesidad de conciliar de forma equilibrada crecimiento económico, progreso social y protección

¹ <http://europa.eu/index-es/htm>

medioambiental.

En la Cumbre mundial sobre el desarrollo sostenible celebrada en Johannesburgo en septiembre de 2002 se aprobaron nuevos objetivos, programas de trabajo y calendarios en los ámbitos del agua, los recursos pesqueros, los océanos, los productos químicos, la biodiversidad, la energía, los métodos de producción y consumo sostenibles y las estrategias de desarrollo sostenible. La Unión Europea se comprometió a alcanzar unos objetivos a raíz de la publicación del VI Programa Marco, en materia de Medio Ambiente².

Con la aportación de este Programa, la UE pretende promover la integración de la dimensión medioambiental para lograr los retos del desarrollo sostenible, lo que supone tener en cuenta la interacción entre el medio ambiente y la dimensión social (creación de empleo en el ámbito medioambiental, impacto ambiental sobre la calidad del empleo y sobre la lucha contra la pobreza y la exclusión), así como la interacción entre el medio ambiente y la dimensión económica (actividades que dependen de la calidad de los recursos medioambientales, valor añadido que aportan a la imagen de las empresas respetuosas con el medio ambiente, desarrollo de las tecnologías medioambientales, fomento de la responsabilidad ambiental, etc.)³.

En este contexto, y fundamentalmente desde el año 2001, la Unión Europea ha emprendido un camino que ha pasado por el endurecimiento de la legislación comunitaria vigente en la materia, por mejorar la elaboración de la política medioambiental y promover la integración de la dimensión medioambiental en los demás ámbitos políticos y económicos, especialmente en el empresarial, de manera que disminuya la presión ejercida sobre el medio ambiente. Esta integración deberá realizarse tanto a escala comunitaria como nacional y local, llevándose a cabo con la mayor cohesión posible.

El sector público está dando serias muestra de su implicación en esta materia a través de la adjudicación de contratos públicos siguiendo principios medioambientales⁴.

2.- INTEGRACIÓN DE LA VARIABLE AMBIENTAL EN EL SENO DE LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS Y SU SITUACIÓN CON RESPECTO AL MARCO INTERNACIONAL

Es evidente que para lograr un eficiente compromiso con el desarrollo sostenible se precisa la colaboración de las empresas como motor económico de la sociedad. Por tanto, la orientación de la sociedad hacia el desarrollo sostenible requiere de la participación y consideración de las empresas como máximo exponente de la actividad económica y fuerza tractora del desarrollo económico y social.

A este respecto la WBCSD (World Business Council for Sustainable Development)⁵ considera a la empresa como parte integrante de la sociedad, que participa y comparte sus preocupaciones y valores. En consecuencia, ésta ha de integrar la variable ambiental en su estrategia empresarial por considerarlo prioridad social y, al mismo tiempo, condicionante de la calidad de vida. En este sentido, la empresa ha de ser capaz de integrar el crecimiento económico, la cohesión social y la preservación ambiental generando, a su vez, valor para sus clientes, accionistas y el resto de *stakeholders*.

² El V Programa Marco finalizó el 31 de diciembre de 2000.

³ <http://europa.eu.int/scadplus/leg/es/lvb/l28144.htm>

⁴ Un claro ejemplo de ello reside en la nueva normativa europea sobre adjudicación de contratos públicos, que ha supuesto una modificación del marco legal y económico a fin de incentivar la compra pública con criterios medioambientales y sociales (Directiva 2004/17/CE y 2004/18/CE).

⁵ <http://www.wbcsd.ch/>

Conscientes de la importancia de la inclusión de la variable ambiental en la estrategia empresarial, algunas empresas, las más comprometidas y con vocación de liderazgo medioambiental, están incorporando instrumentos, metodologías y sistemas de gestión ajustadas a la denominada *Triple Bottom Line* (desarrollo económico, social y medioambiental).

Sin embargo, existe la percepción generalizada por parte de las empresas de que dedicar recursos a la protección medioambiental reduce su competitividad, aún cuando la evidencia empírica parece demostrar lo contrario (Porter y Van der Linde, 1995; Izagirre, Tamayo y Vicente, 2005).

De hecho, según un estudio de Esty y Kotler (2000), aquellas empresas que actúan en países cuyos regímenes son más estrictos, son en principio empresas con índices de competitividad más elevados. Según el estudio de estos autores, los países nórdicos, junto con Suiza y Alemania ostentan el liderazgo medioambiental, en gran medida, debido al régimen estricto de su marco regulador.

Figura 1.- Regulación medioambiental y competitividad empresarial por países



Fuente: Esty, D.C & Porter, M.E. (2000)

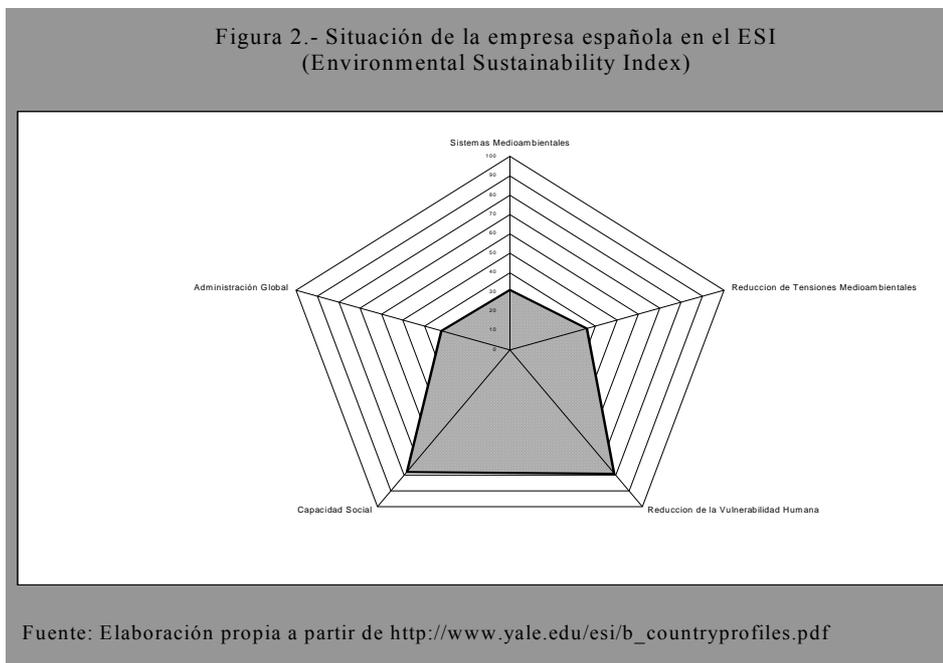
En este ámbito, la comunidad internacional creó recientemente, en enero de 2006, un indicador de la sostenibilidad de las empresas, el índice Global 100⁶, que incorpora a las 100 empresas más sostenibles del mundo, considerando para integrarlas en dicho índice aspectos sociales, medioambientales y a la vez modelos de gestión. En el mismo aparecen dos empresas españolas (Gamesa Corp. Tecnológica e Iberdrola, SA). A través de dicho índice puede observarse cómo en líneas generales, la empresa española está alejada de las empresas más comprometidas en esta materia, como pueden ser las empresas británicas (30)⁷, estadounidenses (17), japonesas (10), canadienses (5), alemanas (6), suecas (7), holandesas (4) o suizas (4).

Otro indicador que nos sirve para ver la situación y medir la evolución medioambiental de un país con respecto a otros es el indicador ESI, elaborado por expertos ambientalistas de la Universidad de Yale y de Columbia (EEUU). El ESI clasifica a los países con respecto a 21 indicadores de sostenibilidad ambiental que van desde sus dotaciones de recursos naturales, contaminación pasada y presente y esfuerzos en la gestión ambiental, hasta la contribución a la protección de los recursos globales y las medidas adoptadas por un país para mejorar su gestión ambiental a través del tiempo. Este índice de sostenibilidad agrupa los países en función de su renta per cápita (España se sitúa en el grupo de mayor renta), y permite ver gráficamente el nivel de sostenibilidad de cada

⁶ <http://www.global100.org/2006>

⁷ Entre paréntesis se indica el nº de empresas que forman parte del Global 100 en el citado país.

país⁸. Este indicador permite, asimismo, ver gráficamente cuál es la situación de un país con respecto a diversas variables medioambientales⁹ y comparar su situación con respecto a otros países del mismo grupo o a periodos anteriores con el fin de ayudar a que la toma de decisiones en el campo ambiental sea más rigurosa desde un punto de vista analítico.



El área sombreada, resulta de la unión de las cinco variables analizadas y son los países más avanzados en materia medioambiental los que presentan un área sombreada mayor. El resultado proporciona un modelo de referencia interesante para comparar el desarrollo de cada país de una manera más precisa. A este respecto, la situación óptima vendría representada por un área sombreada que cubriese la totalidad de la figura. Por tanto, cuanto más alejados nos encontramos de cada uno de los vértices del pentágono, peor estaríamos con respecto a ese factor.

El índice ESI ubica a España en el puesto nº 76 en el ranking mundial. Por tanto, tal y como puede desprenderse de estos datos, parece que la gestión de los aspectos medioambientales en el seno de la empresa española no son por el momento considerados como aspectos de índole estratégica. Al menos a esa conclusión se llega si se analizan los datos de manera agregada y en comparación con otros países más avanzados.

Tal y como puede apreciarse en la siguiente tabla, tampoco la ciudadanía parece otorgar una posición relevante a los problemas medioambientales cuando se le pregunta por los principales problemas existentes en España. Concretamente, los problemas medioambientales no superan el 2% en los últimos años en una encuesta multirrespuesta (CIS). Concretamente, los problemas medioambientales en ningún caso aparecen entre las diez primeras preocupaciones de la sociedad española y, en general, durante estos últimos años escasamente se ha considerado como un problema realmente preocupante.

Tabla 1: Principales problemas de la sociedad española.

PRINCIPALES PROBLEMAS	Mayo 2002	Mayo 2003	Mayo 2004	Mayo 2005	Mayo 2006
-----------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

⁸ Finlandia, Noruega, Uruguay, Suecia e Islandia, por este orden, son los países que lideran el índice ESI.

⁹ Sistemas medioambientales, reducción de impactos medioambientales, reducción de la vulnerabilidad humana, capacidad social e institucional, y gestión y administración global.

Paro	69,5%	67,7%	63,6%	56,2%	22,2%
Inseguridad ciudadana	23,8%	27,7%	18,7%	12,0%	18,4%
Viviendas	3,3%	16,3%	23,7%	23,3%	21,4%
Problemas de índole económica	9,1%	9,0%	12,8%	18,3%	22,1%
El terrorismo, ETA	54,3%	47,4%	51,9%	41,8%	4,3%
La inmigración	23,5%	14,7%	16,1%	27,7%	14,9%
Las drogas	16,9%	9,8%	7,7%	6,9%	1,8%
Problemas de calidad de empleo	3,0%	3,2%	4,1%	7,6%	8,5%
La sanidad	3,7%	5,8%	5,1%	6,4%	4,7%
Las pensiones	3,3%	3,9%	2,8%	3,5%	6,6%
Violencia contra la mujer	2,2%	2,1%	7,2%	3,9%	0,5%
Educación	4,6%	4%	4,2%	4,6%	3,9%
Problemas sociales	3,8%	3,6%	4,0%	4,0%	2,5%
Problemas medioambientales	1,0%	1,0%	0,6%	2%	1,4%
La crisis de valores	1,6%	2,3%	2,1%	2,0%	1,3%
Problemas de la juventud	1,0%	1,1%	1,2%	2,1%	1,5%

* Pregunta multirrespuesta (máximo 3 respuestas posibles)

Fuente: elaboración propia a partir de datos del CIS.

Estos resultados tampoco ayudan a que la empresa española esté en el grupo de países aventajados en el ámbito internacional. Sin ánimo de intentar establecer una comparativa exhaustiva en materia de liderazgo medioambiental en el ámbito internacional, si que nos parece aconsejable hacer un seguimiento de las políticas ambientales y de las estrategias y prácticas empresariales reseñables de tales países a fin de establecer pautas de acción eficaces para adaptarlos a nuestra realidad empresarial.

Lógicamente, antes de emprender cualquier tipo de actuación estratégica es preciso conocer y analizar la situación de partida. Por ello, el objeto del presente trabajo se centra en un análisis comparativo por comunidades autónomas, analizado la conciencia medioambiental de la empresa española. Asimismo, pretendemos estudiar el grado de implicación de las mismas en relación con la implantación de acciones medioambientales concretas.

3. METODOLOGÍA EMPLEADA

Es muy importante el compromiso empresarial para sustentar un desarrollo económico que respete el medio ambiente y así perseguir un desarrollo sostenible. Con el fin de analizar la conciencia empresarial y la evolución de ésta en el período comprendido entre los años 2001 y 2005, en el presente estudio se han empleado diversas variables que miden la opinión de la empresa sobre su conciencia medioambiental, así como las medidas adoptadas para evolucionar hacia un desarrollo sostenible. Así, en la base de datos objeto de estudio se recoge

por comunidades el porcentaje de empresas que valoran varios aspectos relacionados con el desarrollo sostenible como son la percepción sobre el impacto de su actividad sobre el medio ambiente, la opinión que consideran tienen sus clientes sobre el impacto medioambiental que genera su actividad, la contribución de la empresa a la mejora del desarrollo sostenible, la formación ambiental de sus empleados, definición y asignación de responsabilidades ambientales y la implantación de algún Sistema de Gestión Medioambiental (SGMA). Estos datos han sido recogidos por comunidades autónomas, habiéndose agrupado algunas de ellas, obteniendo el siguiente listado: Andalucía, Aragón, Cataluña, Comunidad Valenciana, Galicia, Madrid, País Vasco, Asturias-Cantabria, Baleares-Canarias, Castilla La Mancha-Murcia, Castilla y León-Extremadura, Navarra-La Rioja. La base de datos ha sido obtenida de sendos informes publicados por Fundación Entorno.

Para el análisis de los datos se ha empleado la red neuronal de Kohonen, *Self-Organizing-Map (SOM)*. Las redes neuronales imitan de forma sencilla a las neuronas del cerebro humano, creando nodos llamados neuronas e interconexiones entre ellas para transferir la información recibida de un estímulo. Dependiendo del número de neuronas y las conexiones que se definan se obtienen diferentes tipos de arquitecturas. Todos estos algoritmos trascurren por una fase de aprendizaje que es dónde ajustan los pesos de las conexiones de forma que se adecuan a la base de datos empleada en esta etapa. Existen dos tipos de aprendizaje: aprendizaje supervisado y no supervisado. Dependiendo de las distintas características de la red según su arquitectura, tipo de aprendizaje y la forma en que se van actualizando los pesos en la fase de aprendizaje para ajustarse a los datos disponibles, se obtienen diferentes tipos de redes neuronales para distintos fines (Haykin, 1999).

La red neuronal *Self-Organizing Map* (Kohonen, 2001) es una red neuronal con una arquitectura sencilla y aprendizaje no supervisado. SOM proporciona una proyección no lineal a un retículo bidimensional, de forma que ofrece una visión más sencilla de la estructura de datos objeto de estudio, facilitando la identificación de distintas estrategias ocultas, de partida, en la base de datos. La característica principal de esta proyección reside en conservar la topología, así vectores de entrada cercanos en el espacio de partida se proyectan a una zona próxima en el retículo final. Es un algoritmo muy empleado en la literatura en distintas áreas de investigación puesto que ofrece una muy buena e innovadora opción para el Análisis Cluster, reconocimiento de patrones, reducción de dimensión y extracción de características (Kaski, 1997).

Además, una vez finalizada la fase de entrenamiento, la red neuronal puede ser empleada con otra base de datos diferente a la explotada en la fase de entrenamiento, y poder así comparar los distintos comportamientos. Asimismo, facilita enormemente el inconveniente de los datos perdidos incluso en el caso de añadir o sustraer alguna variable por completo de una base de datos a otra, debido a que el algoritmo los ignora sin afectar al desarrollo del análisis. En el estudio empírico realizado, existe alguna variación en la base de datos según el año, pero este inconveniente ha sido solventado gracias a las características privilegiadas que ofrece el algoritmo SOM.

Las variables han sido normalizadas para evitar que alguna de ellas contribuya más de lo que corresponde en la elaboración de la red neuronal. Después de realizar varias pruebas se ha comprobado que el comportamiento de los datos queda bien reflejado en una red de tamaño reducido, por lo que se ha optado por trabajar con redes neuronales hexagonales de tamaño 3x3. La fase de entrenamiento ha sido del tipo *batch-train*. Como función de vecindad se ha empleado la función de Gauss. El radio de vecindad ha variado entre 2 y 0 según el caso. El número de iteraciones de la fase de entrenamiento ha rondado el medio centenar.

Advertir que estos parámetros alteran la convergencia del algoritmo, por lo que es muy importante fijarlos con cuidado. Con tal fin, se han realizado numerosas pruebas, escogiendo en cada caso el modelo conexionista que mejor se ajustaba a la base de datos objeto de estudio. Para la correcta elección, se ha analizado el grado de error cuantitativo y topográfico de los modelos conexionistas. Estos errores miden el ajuste de los datos a la red neuronal y la conservación del orden topológico, respectivamente. También se ha analizado la proyección de la distribución de probabilidad de los datos. Aunque cabe destacar que, por el tipo de estudio, en este caso nos preocupaban más los aspectos previamente citados. Una vez valorados los errores, se garantiza una proyección adecuada para poder así identificar diferentes patrones en el mapa obtenido.

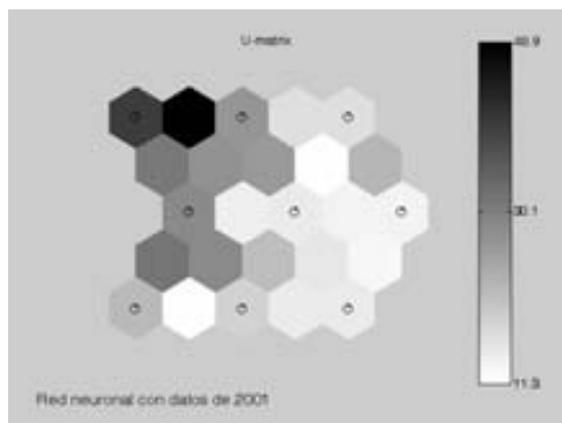
4. ESTUDIO EMPÍRICO

Comenzamos el estudio empírico analizando la situación en el año 2001 -que consideraremos como año de referencia- con respecto a las diversas variables medioambientales analizadas. Se procedió a la creación del primer mapa auto-organizativo a partir de los datos del citado año.

El resultado obtenido se ajusta adecuadamente a la base de datos empleada, de forma que nos facilita la visualización de la estructura interna de los datos, para poder así detectar comportamientos diferenciados entre las Comunidades Autónomas.

Para la correcta visualización de la proyección se ha empleado la representación de la matriz de distancias *U-matrix* extensamente empleada en la literatura de este algoritmo. En la figura que se muestra a continuación quedan reflejadas las distancias entre las unidades vecinas de la red neuronal. Tales distancias vienen representadas por la gama de colores que se muestra en la barra vertical (ubicada en el extremo derecho de la figura), de forma que cuanto más oscuro es el hexágono entre dos unidades, más alejadas se encuentran estas. En sentido inverso, en los casos en los que las unidades estén más próximas, la unidad que los relaciona vendrá coloreada en tonos más claros.

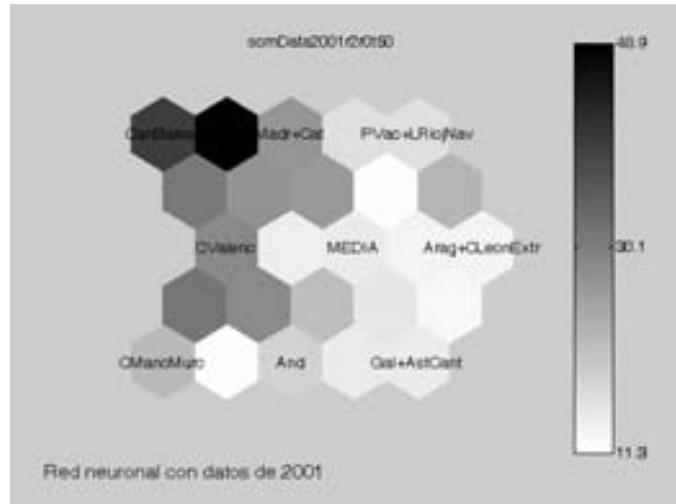
Figura 3: Red neuronal con la representación *U-matrix*.



Fuente: Elaboración propia.

Para estudiar el comportamiento medioambiental de las comunidades autónomas en el año 2001, vamos a proyectar las Comunidades en este mapa. Se han añadido las etiquetas de los datos para visualizar la distribución de las Comunidades Autónomas en dicha red y poder así analizar comportamientos diferenciados entre las mismas.

Figura 4: Red neuronal entrenada con los datos de 2001.

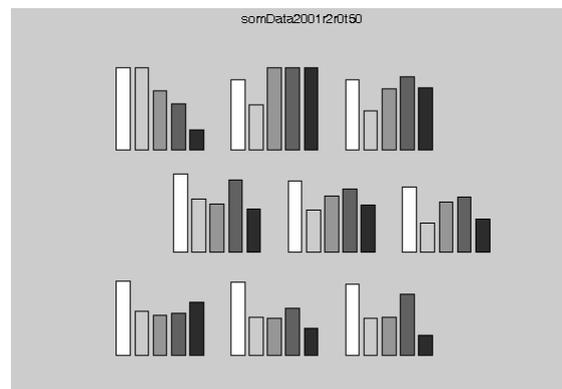


Fuente: Elaboración propia.

Tal y como puede apreciarse, en la figura que se muestra a continuación quedan distinguidos cuatro comportamientos diferenciados. Por un lado tenemos el conjunto formado por Madrid, Cataluña, País Vasco y La Rioja-Navarra. En la parte inferior de la figura se puede apreciar un segundo conjunto formado por Castilla La Mancha-Murcia, Andalucía, Aragón, Castilla-León-Extremadura, Galicia y Asturias-Cantabria. Al margen de estas dos corrientes, quedan Canarias-Baleares y la Comunidad Valenciana, cuyo comportamiento no parece ajustarse a las dos tendencias mencionadas.

Cada neurona tiene asignado un prototipo, que es precisamente la media del comportamiento medioambiental de las Comunidades a las que representa. Al analizar los prototipos de las unidades neuronales podemos descubrir la diferencia que existe entre los distintos conjuntos identificados previamente. En la siguiente gráfica se muestran las diferencias relativas de los valores adquiridos por cada una de las variables entre las neuronas, de forma que nos facilitan el análisis de las características que determinan los clusters o conjuntos previamente identificados.

Figura 5: Diferencias relativas de las neuronas.



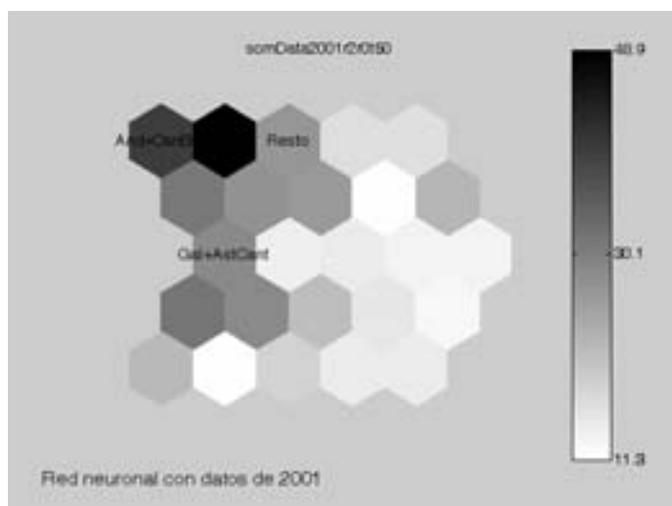
- Actividad con medio o alto impacto medioambiental.
- ▒ Impacto percibido por los clientes.
- Todos los niveles organizativos de la empresa poseen una formación ambiental suficiente.
- Definida y asignada la responsabilidad ambiental en su organización.
- Implantado un SGMA.

El conjunto compuesto por Madrid, Cataluña, País Vasco y La Rioja-Navarra se distingue por alcanzar los

valores más altos en las tres últimas variables, que son precisamente las que miden la proactividad en relación con las actuaciones medioambientales. Así, podemos presuponer que las empresas de estas comunidades tienen, en general, equipos directivos/organizativos con buena formación ambiental, las responsabilidades medioambientales están mejor definidas y, además, la implantación de sistemas de gestión medioambientales es mayor que en otras autonomías (especialmente en Madrid y Cataluña). Al contrario, el segundo conjunto identificado formado por Castilla La Mancha-Murcia, Andalucía, Aragón, Galicia, Castilla-León-Extremadura y Asturias-Cantabria están rezagados en lo que a la respuesta medioambiental se refiere. En una posición intermedia entre estos dos clustes, se encuentra la Comunidad Valenciana, en la cual se puede detectar un alto grado de definición y asignación de las responsabilidades medioambientales en el seno de las organizaciones mediante la contratación de personal específico encargado de tales materias, mientras que para las otras dos variables (formación medioambiental y sistema de gestión medioambiental) se alcanzan valores relativamente bajos. Por último, se encuentran las empresas de Canarias-Baleares, las cuales se distinguen del resto de las comunidades por percibir en un mayor grado que su actividad es impactante para sus clientes.

Para analizar la evolución del comportamiento de las empresas entre los años 2001 al 2003, se ha procedido a proyectar los datos de este último año sobre el mapa elaborado con los datos del 2001. En la siguiente figura se muestra el resultado obtenido, en el que parece que la tendencia de la mayoría de las comunidades en el 2003 se ha encaminado hacia el rumbo de Madrid y Cataluña en el 2001. Aunque debemos apuntar que el error originado en esta proyección es realmente elevado, lo que revela que existe una desnivelada diferencia entre el estado de las empresas en los años 2001 y 2003.

Figura 6: Proyección de los datos de 2003 sobre la red neuronal del año 2001.

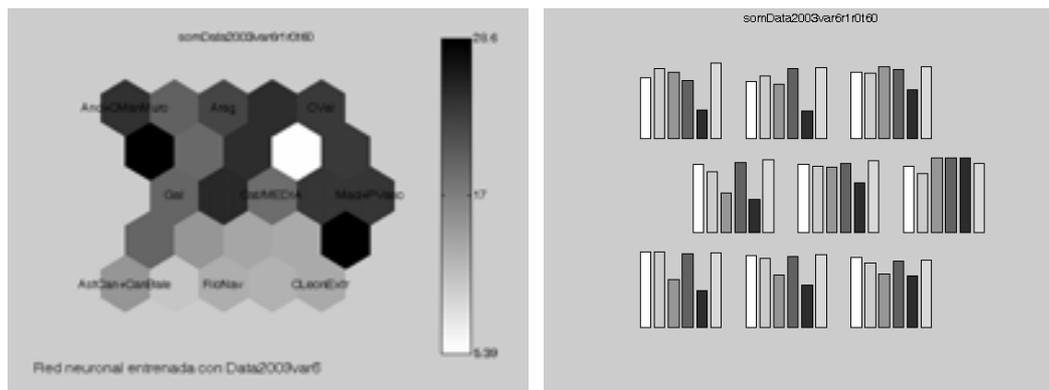


Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis de la actitud medioambiental de las empresas en el año 2003, se ha elaborado un nuevo modelo conexionista de Kohonen. En este caso, además de los indicadores recogidos en el año 2001, se ha incorporado una nueva variable que mide la contribución de la empresa a la mejora del desarrollo sostenible. En la siguiente figura se muestra por un lado, la representación del mapa neuronal con las proyecciones de las comunidades autónomas junto con las distancias entre las unidades para identificar distintas tendencias medioambientales. Por otro, se aprecian las características de los prototipos de los nodos de la red neuronal, para poder determinar las

distintas particularidades que definen los comportamientos ambientales.

Figura 7: Red neuronal entrenada con datos del año 2003. Diferencias relativas de las neuronas.



Fuente: Elaboración propia.

- Impacto medioambiental medio o alto
- Impacto percibido por los clientes.
- Formación ambiental.
- Definida y asignada responsabilidad ambiental.
- Implantado un SGMA
- Contribución a la mejora del desarrollo sostenible.

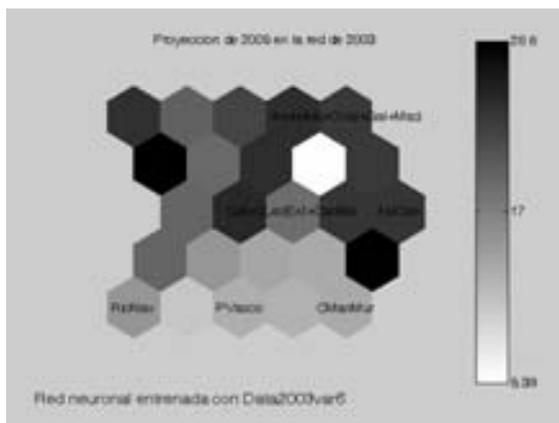
La situación de las comunidades ha variado respecto al año 2001. Por un lado, en una posición de liderazgo, se encuentran Madrid y País Vasco destacando por su elevada respuesta medioambiental. De cerca les siguen Cataluña y la Comunidad Valenciana, aunque con un menor grado de implantación de Sistemas de Gestión Medioambientales que en el primero de los grupos. Este aspecto es precisamente el que más destaca en el primer cluster respecto a todas las comunidades. Estos dos conjuntos sobresalen claramente en el mapa, marcando una clara posición de liderazgo de las comunidades citadas.

El resto de las comunidades no revelan una tendencia tan pronunciada como los anteriores. En términos generales sobresalen por tener una menor implicación medioambiental, destacando por la menor formación medioambiental de los directivos y por un menor grado de implantación de Sistemas de Gestión Medioambiental.

En cuanto a la nueva variable incluida, es decir, la contribución de la empresa a la mejora del desarrollo sostenible, no se aprecian diferencias entre las distintas zonas geográficas.

Tal y como hemos realizado anteriormente, se ha procedido a la proyección de los datos de 2005 sobre el modelo conexionista entrenado con los datos del 2003 a fin de estudiar la evolución la conducta de las empresas entre este periodo.

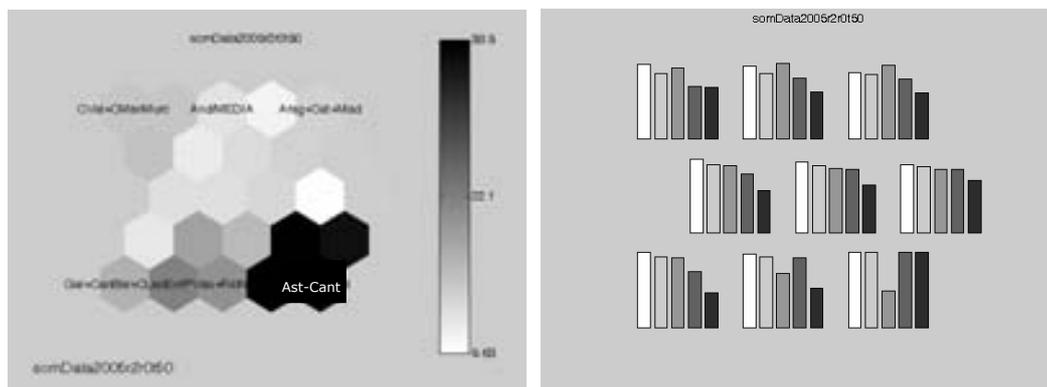
Figura 8: Proyección de los datos de 2005 sobre la red neuronal del año 2003.



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la evolución de las comunidades, en el periodo 2003-2005, observamos que la tendencia de la mayoría ha sido favorable en términos medioambientales. Casi todas ellas han convergido hacia los comportamientos que marcaban las comunidades en posición de liderazgo. Curiosamente, tanto Madrid como el País Vasco que ejercían de referencia para el resto, pierden su posición de liderazgo en materia medioambiental. Por último, analizamos la situación en 2005. Las dos primeras variables; es decir, tanto el impacto medioambiental como la contribución de la empresa a la mejora del desarrollo sostenible, no reflejan diferencias entre las comunidades, debido a que todas ellas obtienen valores relativamente altos (por encima del 76% para la variable impacto ambiental y el 79,5% para la variable contribución de la empresa a la mejora del desarrollo sostenible). Por tanto, son el resto de las variables, es decir, aquellas que recogen las acciones medioambientales, las que determinan las diferencias entre los comportamientos medioambientales.

Figura 9: Red neuronal entrenada con datos del año 2005. Diferencias relativas de las neuronas.



Fuente: Elaboración propia.

- Impacto medioambiental medio o alto.
- ▒ Contribución de la empresa a la mejora del desarrollo sostenible.
- Formación ambiental.
- Definida y asignada la responsabilidad ambiental.
- Implantado un SGMA

El dato más remarcable es la posición sobresaliente de Asturias-Cantabria debido, en líneas generales, a la implantación de acciones medioambientales en sus empresas. Estas comunidades destacan por obtener valores altos en todas las variables, excepto en la relativa a la formación medioambiental de sus empleados. Curiosamente, es en este aspecto en el que obtienen los valores más bajos (28,3%) de entre todas las

comunidades autónomas (Fundación Entorno, 2006).

Entre demás comunidades no se aprecian diferencias pronunciadas, aunque existen unas pequeñas distinciones en la definición y asignación de responsabilidades ambientales y la implantación de sistemas de gestión medioambiental.

5. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Las empresas españolas no están en posiciones avanzadas con respecto a países líderes en concienciación y actuación medioambiental, especialmente si nos comparamos con los países nórdicos, con Finlandia a la cabeza. Sin embargo, sí que las empresas españolas se ven a sí mismas como responsables en cuanto al impacto medioambiental que ejercen sus actividades y, parecen actuar en consecuencia.

Por un lado, se aprecia, en términos generales, un elevado grado de concienciación de las mismas con respecto a sus responsabilidades ambientales. Con respecto a esta variable, el posicionamiento de las empresas es similar, especialmente en los años 2003 y 2005. En todos los casos se obtienen cifras muy elevadas, independientemente de la ubicación geográfica de las empresas. Por tanto, esta variable no caracteriza comportamientos diferenciados en los últimos años.

Las diferencias entre comunidades vienen dadas por las respuestas medioambientales adoptadas por parte de las empresas ubicadas en diferentes zonas geográficas. En cuanto a las prácticas emprendidas por las empresas españolas a fin de hacer frente a las consecuencias medioambientales de sus acciones, se puede decir, que, en líneas generales, se ha dado una actuación creciente en cuanto a la implantación de sistemas de gestión medioambiental, la mejora de la formación medioambiental de los empleados o la contratación de personal especializado y la definición de puestos específicos relacionados con estas actividades. Esta tendencia ha sido creciente en todas las comunidades, si bien el crecimiento entre el 2003 y 2005 no ha sido tan sostenido como en el primer bienio analizado. Un aspecto relevante es la pérdida de posiciones de liderazgo de las empresas del País Vasco, Cataluña y Madrid, con respecto al año 2001.

En el año 2005 son las empresas de Asturias-Cantabria las que obtienen los indicadores más elevados en cuanto a las actuaciones medioambientales emprendidas. En el resto de Comunidades Autónomas la formación medioambiental ha seguido aumentando entre 2003 y 2005, pero el crecimiento tampoco ha sido tan pronunciado como en el bienio de 2001 a 2003. Esto tiene sentido, ya que la mayor presión legislativa en materia medioambiental comenzó a finales de la década de los noventa. Consecuentemente, resulta razonable que en los primeros años de la presente década las empresas en su intento de adaptarse a la nueva normativa, desarrollasen más actuaciones proambientales y tuviesen más necesidad de formación que en años posteriores.

La definición de puestos específicos y la contratación de personal especializado en materia medioambiental también han seguido una línea ascendente, a pesar de que esta vez también se aprecia cierta desaceleración en dicho indicador. Algo similar ocurre con respecto a la implantación de sistemas de gestión medioambiental, cuyo incremento llegó a duplicarse entre 2001 y 2003, mientras que en el periodo siguiente, entre 2003 y 2005 el incremento fue relativamente bajo.

Por último, y quizá debido a esta relativa desaceleración en términos de actuaciones medioambientales concretas, cabe indicar que se ha reducido la percepción de las empresas españolas respecto a la contribución de su actividad a la obtención de beneficios vinculados al desarrollo sostenible, habiendo decrecido ésta en 2005

con respecto a los datos de 2003¹⁰.

En síntesis, las empresas españolas en términos generales son conscientes de su impacto sobre el entorno. También lo son de la importancia que tiene su implicación en cuanto a la implantación de acciones medioambientales concretas a fin de conseguir una mejora global del desarrollo sostenible y de la consecución de ventajas competitivas. Sin embargo, parece que a pesar de otorgar una importancia creciente a las cuestiones medioambientales, su nivel de desempeño en esta materia, si bien si que sigue aumentando, el grado de crecimiento ha sido menor durante los dos últimos años.

BIBLIOGRAFÍA

DEBOECK, G., KOHONEN, T. (1998): *Visual Explorations in Finance with Self-Organizing Maps*. Springer Finance. Springer-Verlag, London

ESTY, D.C y KOTLER, M.E. (2000): “Measuring National Environmental Performance and its Determinants”, *The Global Competitiveness Report 2000*, Geneva: World Economic Forum.

FUNDACIÓN ENTORNO (2001): *Informe 2001 de gestión medioambiental en la empresa española*. Fundación Entorno Empresa y Medio Ambiente.

FUNDACIÓN ENTORNO (2003): *Informe sobre la gestión ambiental en la empresa española. Avances hacia la sostenibilidad*. Fundación Entorno.

FUNDACIÓN ENTORNO (2006): *Informe sobre la gestión de la sostenibilidad en la empresa española*. Fundación Entorno.

HAYKIN, S. *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1999.

IZAGIRRE, J; TAMAYO, U.; VICENTE, A. (2005): “Medio ambiente y competitividad ¿obstáculo u oportunidad?: una aproximación a partir de la evidencia empírica”, AEDEM 2005.

KOHONEN, T. (2001): *Self-Organizing Maps*. Vol. 30. of Springer Series in Information Sciences, 3rd ed., Springer Verlag, Berlin Heidelberg

KASKI, S. (1997): *Data Exploration Using Self-Organizing Maps*. PhD thesis, Helsinki University of Technology, Acta Polytechnica Scandinavica: Mathematics, Computing and Management in Engineering, 82.

PORTER, M. y VAN DER LINDE; C. (1995): “Green and competitive”, *Harvard Business Review*, sept-oct.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS

<http://www.cis.es>

<http://www.eustat.es>

<http://www.ine.es>

<http://www.mma.es>

<http://www.yale.edu/esi/b-countryprofiles.pdf>

¹⁰ Cabe indicar que para esta variable no se poseen datos relativos al año 2001.