

Valores, Actitudes y Comportamiento Ecológico Modelados con una Red Bayesiana

Jorge López Puga¹ y Juan García García

Universidad de Almería

Resumen

Este trabajo presenta un ejemplo de modelo de red bayesiana que muestra la relación que se establece entre valores, actitudes, conducta ecológica responsable (CER) y variables sociodemográficas. Se tomó una muestra de 327 estudiantes universitarios de diferente formación y se les aplicó un cuestionario que incluyó la escala CER (Hess, Suárez y Martínez-Torvisco, 1997), ítems sobre actitud hacia el medio ambiente, así como ítems que evaluaban importancia atribuida al medio ambiente, ecocentrismo y antropocentrismo. Los resultados muestran que la CER depende de los valores, de la actitud y de la importancia que se concede al medio ambiente, mientras que las variables sociodemográficas le influyen indirectamente. Nuestros resultados son consistentes con trabajos anteriores y muestran que las redes bayesianas son útiles en el estudio de las actitudes y del comportamiento hacia el medio ambiente.

Palabras clave: redes bayesianas, modelado, actitudes, antropocentrismo, ecocentrismo.

Values, Attitudes and Ecologic Behaviour Modelled with a Bayesian Net

Abstract

This work presents a Bayesian network example which models the relationship between values, attitudes, responsible ecological behaviour (REB) and socio-demographic variables. We used a sample of 327 university undergraduate students with different background education who took a questionnaire including the REB scale (Hess, Suárez, y Martínez-Torvisco, 1997), items about environment attitudes as well as items about environment concern, ecocentrism and anthropocentrism. Our results show that

1 Jorge López Puga y Juan García García, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Departamento de Ciencias Humanas y Sociales, Área de Metodología de las Ciencias del Comportamiento, Universidad de Almería, Ctra. Sacramento S/N, La Cañada de San Urbano, C.P. 04120, Almería, España. E-mails: jpuga@ual.es y jgarciag@ual.es.

the REB depends on values, attitudes and environment concern, whereas socio-demographic variables play an indirect part on it. The results agree with previous works and present Bayes nets as useful for studying attitudes and behaviour towards environment.

Key-words: bayesian networks, modelling, attitudes, anthropocentrism, ecocentrism.

Introducción

La degradación de nuestro entorno natural ha ido aumentando sensiblemente desde que se iniciase el desarrollo industrial acaecido a finales del siglo XIX. La sociedad se ha cerciorado del enorme poder modificador de la especie humana y por ello se han originado diferentes corrientes de pensamiento, asociadas a movimientos sociales, que han pretendido concienciar sobre la fragilidad del equilibrio medioambiental del planeta (Sosa, 1997). Como consecuencia, se ha producido una evolución de los valores sociales relacionados con la relación que se establece entre la especie humana y la naturaleza (Jonas, 1995).

En lo que respecta a la Psicología, el problema del medio ambiente comenzó a trabajarse bajo la óptica de lo que se conoce como *Psicología Ambiental*, aunque el enfoque inicial de esta tendencia se centraba en estudiar la influencia del entorno sobre el comportamiento (Wohlwill, 1970). Hoy día, el estudio de la relación que se establece entre la especie humana y la naturaleza es más rica en matices ya que se tiene en cuenta un conjunto de variables que se suponen determinantes en el comportamiento que desplegamos hacia el medio ambiente. El estudio de los valores ecológicos, las actitudes ecológicas, la importancia atribuida a la naturaleza así como ciertas variables sociodemográficas han cobrado importancia a la hora de explicar nuestro comportamiento respetuoso hacia el entorno.

Respecto a los valores ecológicos, se han propuesto que las actitudes hacia el medio ambiente dependen del antropocentrismo y del ecocentrismo, dos formas de valorar la naturaleza que influyen diferencialmente sobre la conducta ecológica (Thomson y Barton, 1994). Las personas en las que predominan los valores *ecocéntricos* (espiritualistas, biosféricos o morales) establecen que la naturaleza es un bien valioso en sí mismo, y ese es el motivo primordial para protegerla. Por su parte, las personas en las que predominan los valores

antropocéntricos (instrumentalistas, utilitaristas o sociales-altruistas) consideran que el principal motivo para conservar la naturaleza estiba en la necesidad de legar un ambiente saludable a la próxima generación. Así pues, las personas ecocéntricas tenderían a considerar que la naturaleza se debería conservar por el bien del resto de los seres vivos del planeta, mientras que las antropocentristas piensan que se debería de conservar para el disfrute de la especie humana. Se ha encontrado que existe una relación entre los valores ecológicos y la actitud hacia el medio ambiente (p. e. Hernández, Suárez, Martínez-Torvisco y Hess, 1997) y que los valores ecocéntricos tienden a favorecer conductas ecológicas responsables como el reciclaje mientras que los valores antropocéntricos tienden a inhibirlas (González y Amérigo, 1999; Pato, Ros y Tamayo, 2005). No obstante, aunque los conceptos de ecocentrismo y antropocentrismo son de utilidad para entender el comportamiento y las actitudes hacia el medio ambiente; se ha sugerido que podrían establecerse diferentes topologías de antropocentrismo en función de si la conducta afecta al individuo o a la sociedad (Schultz y Zelezny, 1999).

Por otro lado, la actitud positiva hacia el medio ambiente ha sido relacionada con un mayor grado de compromiso conductual hacia la naturaleza (p. e. Fraj y Martínez, 2002, 2007; González y Amérigo, 1999; Pato et al, 2005). Sin embargo, la relación entre actitud y comportamiento ecológico es delicada (p. e. Hernández y Suárez, 2006; Pardo, 2006), ya que manifestar una actitud ecológica tiene una alta deseabilidad social, mientras que los comportamientos ecológicos son más difíciles de registrar y los autoinformes son sensibles a ser contaminados por la deseabilidad social (De Castro, 2002).

Las variables sociodemográficas han mostrado un papel difuso sobre la actitud y el comportamiento ecológico. Por ejemplo, mientras que algunos estudios apuntan que la edad es una variable que afecta a la conducta ecológica (p. e. De Castro, 2002; Pato et al, 2005), en otros no se ha encontrado que ésta tuviera efecto (Aragonés y Amérigo, 1991). Por otro lado, se ha observado que la edad tiene efecto estadísticamente significativo sobre los valores ecocéntricos y antropocéntricos (Corral-Verdugo y Zaragoza, 2000; Dunlap, Van Liere, Mertig y Emmet, 2000, González y Amérigo, 1999). Otra variable sociodemográfica que ha mostrado tener una relación confusa con las actitudes y el comportamiento ecológico es el género. Algunas investigaciones han

encontrado influencia del género sobre el comportamiento ecológico aunque otras no han podido constatarla (p. e. Corral-Verdugo y Zaragoza, 2000; De Castro, 2002), mientras que otras han encontrado influencia del género según los niveles de actitud hacia el medio ambiente (Aragonés y Amérigo, 1991) o sobre los niveles de ecocentrismo y antropocentrismo (Corral-Verdugo y Zaragoza, 2000; González y Amérigo, 1999). Para terminar, el nivel de estudios ha mostrado resultados más consistentes relacionándose positivamente con las actitudes y el comportamiento ecológico (Berger, 1997; Corral-Verdugo y Zaragoza, 2000, Maloney y Ward, 1973; De Castro, 2002; González y Amérigo, 1999; Dunlap et al, 2000).

Así pues, la relación que se establece entre los valores, actitudes, variables sociodemográficas y comportamiento es compleja. Las redes bayesianas han sido tratadas recientemente en el contexto de la investigación psicológica como herramientas multivariantes eficientes en el estudio de una complejidad similar (López, García y De la Fuente, 2005; López, García, De la Fuente y De la Fuente, 2007; García, López, Cano, Gea y de la Fuente, 2006). El objetivo de este trabajo es presentar un ejemplo de aplicación de las redes bayesianas, técnica de modelado estadístico de uso reciente en el análisis de las actitudes (p. e. García et al., 2006; García, López, de la Fuente, Cano y Gea, 2007), en el estudio de las relaciones estructurales que se establecen entre estas variables actitudinales, sociodemográficas y comportamentales. A su vez, haremos una comparación entre las redes bayesianas y otras técnicas que persiguen objetivos similares apuntando sus ventajas e inconvenientes.

Las redes bayesianas (también conocidas como redes causales probabilísticas, sistemas expertos bayesianos, sistemas expertos probabilísticos, redes causales, redes de creencia o diagramas de influencia) son herramientas estadísticas orientadas al modelado gráfico que pertenecen a la familia de los *Sistemas Estocásticos Altamente Estructurados* (Cowell, Dawid, Lauritzen, y Spiegelhalter, 1999; Martínez y Rodríguez, 2003). Aunque se podría establecer una distinción más específica de los elementos que componen una red bayesiana (Edwards, 1998), se suele decir que una red bayesiana tiene dos dimensiones: una cualitativa y otra cuantitativa (p. e. Cowell, et al., 1999; Garbolino y Taroni, 2002; Nadkarni y Shenoy, 2001, 2004; Martínez y Rodríguez, 2003).

La dimensión cualitativa de una red bayesiana se basa en la teoría de grafos. Aunque la definición de grafo puede variar en función de los autores (p. e. Harary, 1969; Ronald, 1988; Spirtes, Glymour, y Scheines, 2000; Tutte, 1984; Xiang, 2002), un *grafo* puede definirse como un conjunto de nodos (variables o vértices) y un conjunto de aristas (o enlaces). Sin embargo, una red bayesiana es un tipo especial de grafo, o lo que se conoce como *grafo dirigido acíclico* (o GDA). En un GDA las aristas o enlaces que unen las variables están orientados y se representan gráficamente como flechas. Los enlaces dirigidos de una red bayesiana indican influencia causal o dependencia entre las variables. Así pues, el grafo $A \rightarrow B$ indica influencia directa de A sobre B ; o lo que es lo mismo, que B depende de A . En términos causales diríamos que A causa a B o que B es el efecto de A . En una red bayesiana la estructura gráfica codifica relaciones de dependencia e independencia condicional entre las variables que son usadas para agilizar la actualización de probabilidades y la inferencia estadística.

En la dimensión cuantitativa una red bayesiana consta de tres elementos importantes: el concepto de probabilidad como un grado de creencia subjetiva relativa a la ocurrencia de un evento, el teorema de Bayes como heurístico actualizador de creencias y un conjunto de funciones de probabilidad condicionada. En primer lugar, la probabilidad puede ser entendida, al menos, de cuatro formas: clásicamente, como frecuencia relativa cuando los ensayos tienden a infinito, axiomáticamente o subjetivamente. Las tres primeras son compatibles y se las ha englobado bajo el nombre de *perspectiva clásica de la probabilidad* o *frecuentista* y suele contraponerse a la cuarta que se ha denominado *perspectiva bayesiana de la probabilidad* (p. e. Alonso y Tubau, 2002; Cowell, et al., 1999; De la Fuente, García y De la Fuente, 2002; Heckerman, 1995; Neapolitan y Morris, 2004; Serrano, 2003). Es en esta cuarta acepción en la que se basan las redes bayesianas al asumir que la probabilidad es un grado de creencia atribuible a la ocurrencia de sucesos.

Por otro lado, las redes bayesianas utilizan el teorema de Bayes para actualizar las probabilidades del modelo. Por ejemplo, supongamos que tenemos un modelo que representa varias variables y cada una de ellas tiene asociada una probabilidad de ocurrencia en cada uno de sus estados. Si conocemos el estado de una de ellas, el teorema de Bayes

recalcula todas las probabilidades del modelo para que sean congruentes con esta evidencia y las propaga por la red a través de los enlaces establecidos entre sus nodos.

Por último, para que el teorema de Bayes pueda operar tienen que existir, una para cada variable, un conjunto de funciones de probabilidad que codifiquen las relaciones de dependencia probabilística de cada variable y el conjunto de las variables de las que depende. En concreto, ha de existir una tabla de probabilidad condicional (TPC) que represente la probabilidad de cada estado de la variable en función de las variables de las que depende.

Método

Participantes

Se obtuvo una muestra de 327 estudiantes de la Universidad de Almería de la cual se eliminaron seis registros por presentar un patrón de respuestas anómalo. El 74,7% de los participantes fueron mujeres y el 23,6% fueron hombres. La edad estuvo comprendida entre los 18 y los 35 años con una edad media de 21,04 y una desviación típica de 3,15. El 46,2% de los participantes cursaban estudios universitarios en el área de las Ciencias Sociales, el 13% en el área de Ciencias de la Salud, el 13,4% en el área de Enseñanzas Técnicas y el 27,1% en el área de las Ciencias Empresariales.

Materiales

Se diseñó un cuestionario que incluía un primer bloque para la recogida de información sociodemográfica, un segundo bloque dirigido a recoger información sobre actitudes ecológicas, el tercer bloque fue para recabar información sobre conducta ecológica y el cuarto bloque evaluaba valores ecológicos. En el Apéndice aparecen los ítems utilizados en la investigación.

Tras el bloque de datos sociodemográficos se presentaron un conjunto de seis ítems (ítems del 1 al 6) para medir actitud ecológica adaptados de la escala de Actitudes y Conocimiento Ecológico desarrollada originalmente por Maloney y Ward (1973), revisada por Maloney, Ward y Braucht (1975) y adaptada al castellano por Fraj y Martínez (2002). La escala de Actitudes y Conocimiento Ecológico revisada por Maloney et al (1975) consta de cuatro bloques, tres para la

actitud (compromiso verbal, intención de comportamiento ecológico y afecto) y uno para evaluar conocimiento sobre temas ambientales. El formato original de presentación de la escala fue verdadero-falso, pero en este trabajo cada ítem se presentó en escala tipo Likert de cinco alternativas indicando el grado de acuerdo con cada declaración. De las tres dimensiones referidas a la actitud se tomaron las dos (Compromiso Verbal, ítems 1 y 2; e Intención de Comportamiento Ecológico, ítems del 3 al 6) que mostraron una mejor explicación de la varianza en la adaptación española de la escala (Fraj y Martínez, 2002) y se tomaron los ítems que obtuvieron mayores cargas factoriales en el análisis factorial confirmatorio del estudio. Tres de los ítems seleccionados fueron expresados en forma negativa y los otros tres se expresaron en forma afirmativa.

A continuación se incluyó la escala (ítems del 7 al 20) de Conducta Ecológica Responsable (CER) de Hess et al (1997). La escala CER se desarrolló al amparo de la teoría de facetas, que ha mostrado eficiencia en el desarrollo de escalas de actitudes hacia el medio ambiente (Páramo y Gómez, 1997), como estrategia para evitar la generación arbitraria de ítems y fue validada por medio de un análisis de escalamiento multidimensional. Sin embargo, se eliminaron los tres ítems que mostraron un peor ajuste al modelo propuesto en el estudio de validación. La versión utilizada de la CER constó de 14 ítems que hacían referencia a la realización de conductas ecológicas responsables puntuables en una escala tipo Likert de cinco puntos, donde un polo de la escala indicaba poca frecuencia de realización de la conducta y el otro mucha frecuencia. Seis de los ítems de la CER estaban expresados en sentido inverso indicando una alta puntuación en el ítem baja frecuencia de conducta ecológica responsable.

Tanto en la escala de actitudes hacia el medio ambiente como en la escala de conducta ecológica las puntuaciones globales se obtuvieron sumando la puntuación de cada ítem tras la recodificación de los ítems inversos.

Por último, se utilizaron tres ítems, de los cuales uno fue para evaluar la valoración general de la importancia atribuida al medio ambiente (ítem 21), el grado de antropocentrismo (ítem 22) y el nivel de ecocentrismo (ítem 23). Los tres ítems fueron tomados del trabajo de González y Américo (1999), se puntuaban en una escala tipo Likert que osciló entre

cero y nueve para indicar el grado de acuerdo con la declaración. Los tres ítems estuvieron expresados en sentido afirmativo.

Procedimiento

Antes de recoger los resultados definitivos se realizó un estudio piloto para depurar la comprensión del cuestionario. La recogida de datos se realizó masivamente en las aulas de la Universidad de Almería antes o después de alguna clase tras solicitar al personal docente el permiso correspondiente. La participación en el estudio fue voluntaria y los participantes no recibieron ninguna compensación económica por su colaboración.

Análisis de datos

Para estimar la estructura cualitativa de la red se utilizó el algoritmo PC implementado en el programa TETRAD III (Scheines, Spirtes, Glymour, Meek, & Richardson, 2005). Este algoritmo realiza una serie iterativa de pruebas clásicas de independencia e independencia condicional (basadas en χ^2) con las variables del modelo y ha sido utilizado anteriormente en la búsqueda de estructuras gráficas para modelar actitudes emprendedoras (García et al, 2006; García et al, 2007). Brevemente, el algoritmo PC comienza su análisis considerando el grafo no dirigido que incluye a todas las variables del modelo. En su primer análisis de los datos realiza pruebas χ^2 entre cada par de variables del modelo y elimina las aristas entre las variables que considera independientes en función del estadístico de contraste. A continuación, realiza pruebas de independencia condicional para cada terna de variables conectadas por aristas y elimina las aristas que no sean consistentes con las pruebas χ^2 . Los últimos pasos del algoritmo son dedicados a orientar las aristas en función de las condiciones de eliminación de aristas anteriormente realizadas. Todas las pruebas de dependencia e independencia condicional fueron realizadas con un nivel de significación no superior a 0,1 y para la obtención de la estructura cualitativa se tuvieron en cuenta tanto criterios estadísticos como sustantivos. Esto es, para la obtención del modelo se atendió a las pruebas de significación estadísticas y a lo que establecen los modelos teóricos revisados en la bibliografía.

Todas las variables fueron recodificadas (excepto la variable *estudios*) en dos niveles en función de la mediana para representar dos grados en cada variable (alto/a y bajo/a). Esta dicotomización² se realizó por tres motivos; en primer lugar, al reducir el rango de valores que toma una variable las pruebas de independencia e independencia condicional son más robustas, lo que puede compensar la pérdida de información que supone la dicotomización. Por otro lado, de esta manera conseguimos una red bayesiana con variables discretas lo que optimiza la validez interna del modelo. Por último, es una forma de homogeneizar a las personas ya que cada participante es clasificado atendiendo a su ubicación en la distribución de frecuencias en relación al percentil 50 de cada variable.

La estimación de los parámetros del modelo se realizó con el procedimiento de máxima verosimilitud corregida con la Ley de la Sucesión de Laplace (Ecuación 1) que permite evitar parámetros nulos cuando no existe algún tipo de combinación en los estados de las variables (Morales, 2006):

$$P(x_i | x_{\pi(i)}) = \frac{n(x_i, x_{\pi(i)}) + 1}{n(x_{\pi(i)}) + |X_i|}, \quad (1)$$

donde $n(x_{\pi(i)})$ se refiere al número de casos en la base de datos donde la variable $X_{\pi(i)}$ toma el valor $x_{\pi(i)}$, $n(x_i, x_{\pi(i)})$ representa el número de casos en la base de datos en que $X_i = x_i$ y $X_{\pi(i)} = x_{\pi(i)}$, y $|X_i|$ se refiere al número de estados de la variable X_i .

Para contrastar la bondad de ajuste se utilizó la *pérdida logarítmica*, que oscila entre cero e infinito y donde el valor cero indica el mejor ajuste; la *pérdida cuadrática*, que puede estar comprendida entre cero y dos indicando el cero mejor ajuste; y por último, la *compensación esférica*, que puede oscilar entre cero y uno donde la unidad representa el mejor ajuste (García et al, 2006, García et al, 2007).

² Las redes bayesianas pueden trabajar tanto con variables categóricas como con variables cuantitativas. En el segundo caso, el modelo categoriza internamente las variables de modo parecido a como se haría en la regresión logística. La dicotomización que hemos realizado nos permite tener mayor control sobre la representación interna de la información.

Resultados

En la Tabla 1 se puede observar los valores de los estadísticos descriptivos univariados de las variables utilizadas en el estudio.

Tabla 1. Estadísticos Descriptivos de las Variables Utilizadas en el Estudio e Índices de Consistencia Interna

Variable	Mdn	M	DT	Mín-máx	α
Edad	20	21,046	3,15	18-44	
Actitud hacia el Medio Ambiente	20	19,24	4,04	3-30	0,5
Compromiso Verbal	8	7,56	1,63	2-10	
Intención de Comportamiento Ecológico	12	11,95	3,29	4-20	
Conducta Ecológica Responsable	42	41,74	8,25	7-63	0,7
Importancia Atribuida al Medio Ambiente	8	7,80	1,49	0-9	
Antropocentrismo	3,5	3,57	3,02	0-9	
Ecocentrismo	4	3,82	2,85	0-9	

Respecto a la estructura gráfica, es de destacar que el algoritmo PC excluyó a la variable edad del modelo (Figura 1), lo que indica que la edad no es una variable influyente para modelar o explicar las actitudes, los valores y el comportamiento ecológico tal y como han sido medidos en este estudio. Este hecho también se observa al analizar el patrón de correlaciones que se establece entre las variables del modelo sin dicotomizar utilizando el coeficiente de Spearman (Tabla 2).

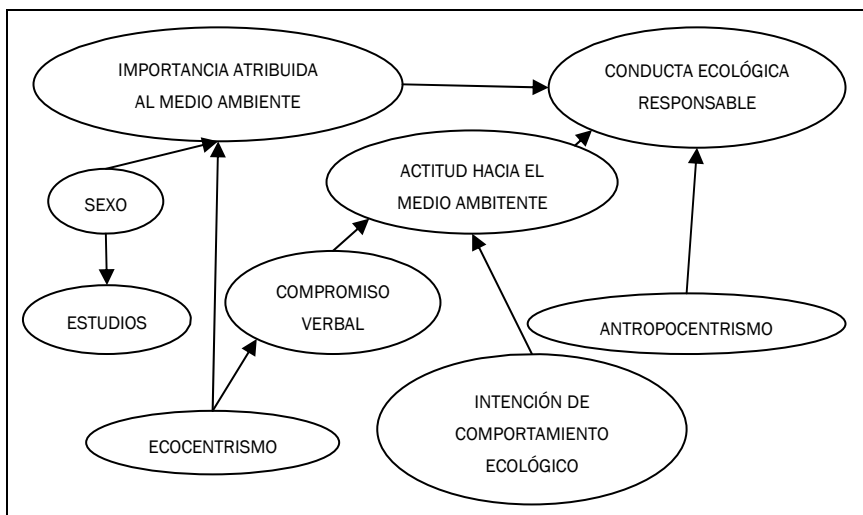


Figura 1. Estructura gráfica de la red bayesiana.

Como se puede observar en la Figura 1, la conducta ecológica depende del nivel de antropocentrismo, de la actitud hacia el medio ambiente y de la importancia atribuida a este. Por su parte, la importancia atribuida al medio ambiente depende del sexo y de los niveles de econcentrismo. También puede observarse que la influencia del ecocentrismo sobre la actitud hacia el medio ambiente está mediada por el compromiso verbal. La actitud hacia el medio ambiente, a su vez, depende del compromiso verbal y de la intención de comportamiento ecológico. Por último, el género (que influye sobre los estudios), la intención de comportamiento ecológico, el ecocentrismo y el antropocentrismo son variables independientes del resto de las variables incluidas en el modelo ya que no reciben ningún arco de estas variables.

Tabla 2. Correlaciones de Spearman entre las Variables del Modelo

	(ED)	(AMA)	(CV)	(ICE)	(CER)	(I)	(A)
Edad (ED)							
Actitud hacia el Medio Ambiente (AMA)	-0,04						
Compromiso Verbal (CV)	-0,04	0,47*					
Intención de Comportamiento Ecológico (ICE)	-0,05	0,90*	0,09				
Conducta Ecológica Responsable (CER)	0,07	0,29*	0,19*	0,25*			
Importancia Atribuida al Medio Ambiente (I)	0,00	0,20*	0,20*	0,14*	0,23*		
Antropocentrismo (A)	-0,03	-0,06	-0,08	-0,04	-0,13*	-0,03	
Ecocentrismo (E)	0,03	0,05	0,16*	-0,03	0,04	0,20*	0,03

Nota. * p < 0,05.

Por otro lado, la Figura 1 muestra que la importancia atribuida al medio ambiente y la actitud hacia el medio ambiente son independientes del ecocentrismo, lo que significa que conocer el grado de antropocentrismo no nos dirá nada sobre la actitud hacia el medio ambiente ni sobre la importancia atribuida a éste. No obstante, se tornan condicionalmente dependientes una vez conocido el grado de conducta ecológica; en este caso, conocer el grado de antropocentrismo serviría para estimar la actitud hacia el medio ambiente o la importancia

atribuida a éste. Esto es debido a que comparten un ascendiente común, el ecocentrismo, y al principio de independencia condicional que codifica la estructura de la red. Análogamente, el grado de ecocentrismo es independiente de la intención de comportamiento ecológico pero cuando se conoce el estado de la actitud hacia el medio ambiente el ecocentrismo y la intención de comportamiento ecológico se tornan condicionalmente dependientes.

En cuanto a la bondad de ajuste, podemos observar en la Tabla 3 que la variable género es la que obtiene unos mejores índices de bondad de ajuste. Por el contrario, la variable estudios es la peor predicha por el modelo y por ello muestra unos índices de bondad de ajuste más bajos. El resto de las variables muestran índices de bondad de ajuste satisfactorios ya que todas ellas tienen una compensación esférica por encima de 0,7. Es destacable que la CER muestre una bondad de ajuste del orden de 0,73, lo que indica que ésta se predice bastante bien a partir de la importancia atribuida al medio ambiente, de la actitud hacia el medio ambiente y del nivel de antropocentrismo.

Tabla 3. Bondad de Ajuste para las Variables de la Red Bayesiana

	Pérdida Logarítmica	Pérdida Cuadrática	Compensación Esférica
Sexo	0,55	0,36	0,80
Estudios	1,26	0,68	0,56
Actitud hacia el Medio Ambiente	0,69	0,50	0,71
Compromiso Verbal	0,69	0,50	0,71
Intención de Comportamiento Ecológico	0,68	0,49	0,72
Conducta Ecológica Responsable	0,66	0,47	0,73
Importancia Atribuida al Medio Ambiente	0,63	0,44	0,74
Antropocentrismo	0,69	0,49	0,71
Ecocentrismo	0,62	0,50	0,71

Discusión

Nuestro modelo sugiere que la conducta ecológica depende de la importancia que atribuimos al medio ambiente, de la actitud hacia el mismo y del nivel de antropocentrismo. En este sentido, el modelo de red bayesiana que hemos desarrollado es consistente con trabajos anteriores donde se encontró que la intención de conducta ecológica depende de las creencias medioambientales (p. e. Pato et al, 2005), de las actitudes hacia el medio ambiente (p. e. Fraj y Martínez, 2002, 2007; Hernández et

al, 1997) o de los valores ecológicos (p. e. Gonzalez y Amérigo, 1999; Pato et al, 2005).

Por otro lado, nuestros resultados apuntan a que los valores ecocéntricos y antropocéntricos influyen diferencialmente sobre la realización de conductas ecológicas lo que refuerza la idea original de estos conceptos (Thomson y Barton, 1994). Nuestro modelo plantea que los valores ecocéntricos ejercen su influencia sobre la conducta ecológica por medio de la valoración general que hacemos hacia el medio ambiente y a través del compromiso verbal como dimensión de la actitud hacia la naturaleza.

En lo que respecta a las variables sociodemográficas, nuestros resultados apuntan a que éstas juegan un papel determinante en la predicción de comportamientos ecológicos pero, como han señalado otros trabajos (Berger, 1997; Corral-Verdugo y Zaragoza, 2000), esta influencia es indirecta y está mediatizada por otras variables. Hemos observado, no obstante, que la edad no se relaciona con ninguna de las variables del modelo y aunque esto está en concordancia con algunas investigaciones donde no se ha encontrado relación, o una relación muy baja de la edad con variables ambientales (p. e. Aragonés y Amérigo, 1991; Dunlap et al, 2000), creemos que habría que profundizar en el estudio de esta variable con otro tipo de muestras y con otro tipo de registros ya que existen evidencias que apuntan a que la edad es relevante para explicar variables de componente ambiental (p. e. Corral-Verdugo y Zaragoza, 2000; De Castro, 2002; González y Amérigo, 1999; Pato et al, 2005). En nuestro caso, al tratarse de una muestra de jóvenes universitarios la edad fue muy homogénea, en torno a los 20 años, y esto puede haber influido en la no detección de relaciones entre esta variable y las actitudes, valores y comportamientos ecológicos.

Nuestros resultados apuntan a que los jóvenes universitarios muestran una conducta ecológica responsable que depende de sus niveles de antropocentrismo, de la importancia que atribuyen al medio ambiente y de la actitud que tienen hacia este. Futuros trabajos tendrían que evaluar si este patrón de resultados es estable en diferentes contextos y niveles evolutivos. En este sentido, es posible que los valores antropocéntricos jueguen un papel crucial en el comportamiento ecológico a estos niveles evolutivos (Pato et al, 2005, Pato y Tamayo, 2006) y podrían no tener tanta influencia a otras edades. Si este fuese el

caso, tendríamos que preocuparnos en diseñar programas educativos que, a todos los niveles evolutivos y en especial a nivel universitario, favoreciesen actitudes y valores que tendiesen a preservar el medio ambiente no sólo en términos antropocéntricos, sino también desde una perspectiva biocéntrica (Álvarez, de la Fuente, García y Fernández, 1999).

En este trabajo hemos ejemplificado el uso de las redes bayesianas en la construcción de un modelo de dependencias donde se incluyen variables actitudinales, sociodemográficas y comportamentales relacionadas con el medio ambiente. Esta técnica de introducción reciente en Psicología tiene una serie de ventajas respecto a otras técnicas de análisis multivariante. La ventaja más importante de las redes bayesianas sobre técnicas multivariantes como la regresión logística multivariada o la regresión lineal múltiple es que modelan tanto la dimensión cuantitativa como la cualitativa de la realidad. Por su parte, tienen la ventaja de no exigir ningún tipo de distribución en los datos ni suponen ninguna relación funcional entre las variables, cosa que no ocurre en la regresión logística y lineal donde se supone que existe una relación lineal entre el logaritmo de las *odds* o entre las variables (p. e. Jovel, 1995; Juan, 2003).

Por su parte, aunque las redes bayesianas son bastante similares a los modelos de ecuaciones estructurales (SEM) podemos encontrar ciertas diferencias entre ambas técnicas. Siguiendo a Anderson y Vastag (2004), podemos decir que existen diferencias entre ambas técnicas a cinco niveles. En primer lugar, respecto al tipo de función que define cada variable en el modelo, se ha de destacar que en los modelos SEM la función que define cada variable es, principalmente, lineal; mientras que las RB son no-lineales. En segundo lugar, los modelos SEM se muestran más eficientes bajo el cumplimiento del supuesto de normalidad, mientras que las RB no hacen ningún tipo de exigencia sobre la distribución de las variables incluidas en el modelo. Por otro lado, existen más y mejores estimadores de la bondad de ajuste (tanto global como parcial) en los modelos SEM, mientras que en las RB estas estimaciones se limitan a contrastes de hipótesis clásicos basados en independencia e independencia condicional y algunos estadísticos parciales. En cuarto lugar, desde un punto de vista inferencial, los modelos SEM están más orientados a la predicción de variables latentes mientras que las RB están más centradas en variables observables. Por último, la utilidad de

los SEM se circunscribe mayormente al ámbito teórico y conceptual mientras que las RB están más orientadas a tareas prácticas como el diagnóstico, la clasificación y la predicción.

Por tanto, las redes bayesianas son herramientas estadísticas recientes en el área de estudio de la Psicología que vienen a complementar el conjunto de técnicas multivariantes orientadas al análisis y modelado de datos (López et al, 2005; López et al, 2007). Dentro del estudio del comportamiento ecológico, las redes bayesianas (al igual que las cadenas de Markov de primer orden) podrían aplicarse a un amplio espectro de situaciones de investigación (Blanco, Losada y Anguera, 2003). Así pues, pensamos que este trabajo puede ser un punto de partida para el desarrollo de investigaciones y modelos basados en redes bayesianas en el ámbito de la Psicología Ambiental en particular y en el contexto de las Ciencias Sociales y de la Salud en general.

Referencias

- Alonso, D., y Tubau, E. (2002). Inferencias bayesianas: una revisión. *Anuario de Psicología*, 33, 25-47.
- Anderson, R. D. y Vastag, G. (2004). Causal modeling alternatives in operations research: overview and applications. *European Journal of Operational Research*, 156, 92-109.
- Álvarez, P., de la Fuente, E. I., García, J. y Fernández, M. J. (1999). Evaluación de las actitudes ambientales de la ESO. Análisis de un instrumento. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 22, 77-86.
- Aragonés, J. I. y Américo, M. (1991). Un estudio empírico sobre las actitudes ambientales. *Revista de Psicología Social*, 6 (2), 223-240.
- Berger, I. E. (1997). The demographics of recycling and the structure of environmental behavior. *Environment and Behavior*, 29, 515-531.
- Blanco, A., Losada, J. L. y Anguera, M. T. (2003). Data analysis techniques in observational designs applied to the environment-behaviour relation. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, 4, 111-126.
- Corral-Verdugo, V. y Zaragoza, F. (2000). Bases sociodemográficas y psicológicas de la conducta de reutilización: un modelo estructural. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, 1, 9-29.
- Cowell, R. G., Dawid, A. P., Lauritzen, S. L., y Spiegelhalter, D. J. (1999). *Probabilistic networks and expert systems*. Harrisonburg, VA: Springer.
- De Castro, R. (2002). ¿Estamos dispuestos a proteger nuestro medio ambiente? Intención de conducta y comportamiento proambiental. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, 3, 107-118.
- De la Fuente, E. I., García, J., y De la Fuente, L. (2002). Estadística bayesiana en la investigación psicológica. *Metodología de las Ciencias del Comportamiento*, 4, 185-200.
- Dunlap, R. E., Van Liere, K. D., Mertig, A. G. y Emmet, R. (2000). Measuring endorsement of the new ecological paradigm: a revised NEP scale. *Journal of Social Issues*, 56, 425-442.
- Edwards, W. (1998). Hailfinder. Tools for and experiences with bayesian normative modelling. *American Psychologist*, 53, 416-428.

- Fraj, E. y Martínez, E. (2002). El comportamiento del consumidor ecológico explicado a través de una escala de actitudes. En T. Luque (Coord.), *XIV Encuentro de Profesores Universitarios de Marketing* (pp. 135-151). Pozuelo de Alarcón: Esic Editorial.
- Fraj, E. y Martínez, E. (2007). Ecological consumer behaviour: an empirical analysis. *International Journal of Consumer Studies*, 31, 26-33.
- Garbolino, P., y Taroni, F. (2002). Evaluation of scientific evidence using bayesian networks. *Forensic Science International*, 125, 149-155.
- García, J., López, J., Cano, C. J., Gea, A. B. y de la Fuente, L. (2006). Aplicación de las redes bayesianas al modelado de las actitudes emprendedoras. En E. Abascal, V. Díaz e I. Portilla (Eds.), *Actas del IV Congreso de Metodología de Encuestas* (pp. 235-242). Pamplona: Universidad Pública de Navarra.
- García, J., López, J., de la Fuente, L., Cano, C. J., Gea, A. B. (2007). *Modelos de ecuaciones estructurales y redes bayesianas. Una perspectiva confirmatoria aplicada a las actitudes emprendedoras*. Comunicación presentada en el X Congreso de Metodología de las Ciencias Sociales y de la Salud. Barcelona.
- González, A. y Amérigo, M. (1999). Actitudes hacia el medio ambiente y conducta ecológica. *Psicothema*, 11, 13-25.
- Harary, F. (1969). *Graph theory*. Philippines: Westview Press.
- Heckerman, D. (1995). *A tutorial with bayesian networks (Rep. Tec.. MS-TR-95-06)*. Redmon, WA: Microsoft Research.
- Hernández, B., Suárez, E., Martínez-Torvisco, J. y Hess, S. (1997). Actitudes y creencias sobre el medio ambiente en la conducta ecológica responsable. *Papeles del Psicólogo*, 67, 48-54.
- Hernández, B. y Suárez, E. (2006). Análisis de la relación entre intención y acción en el ámbito del comportamiento proambiental: ¿cómo se construye socialmente el desarrollo sostenible? En R. de Castro (Coord.), *Persona sociedad y medio ambiente. Perspectivas de la investigación social de la sostenibilidad* (pp. 27-40). Sevilla: Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Hess, S., Suárez, E., Martínez-Torvisco, J. (1997). Estructura de la conducta ecológica responsable mediante el análisis de la teoría de facetas. *Revista de Psicología Social Aplicada*, 7 (2-3), 97-112.
- Jonas, H. (1995). *El principio de responsabilidad. Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*. Barcelona: Herder. (Trabajo original publicado en 1979)
- Jovell, A. J. (1995) *Análisis de regresión logística*. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas.
- Juan, A. M. (2003). Regresión lineal múltiple. En Y. del Águila et. al. (Eds.), *Técnicas estadísticas aplicadas al análisis de datos* (pp. 143-172). Almería: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería.
- López, J., García, J. y de la Fuente, E. I. (2005). *Las redes bayesianas en psicología*. Comunicación presentada en el IX Congreso de Metodología de las Ciencias Sociales y de la Salud. Granada.
- López, J., García, J., De la Fuente, L. y De la Fuente, E. I. (2007). Las redes bayesianas como herramientas de modelado en psicología. *Anales de Psicología*, 23, 307-316.
- Maloney, M. P. y Ward, M. P. (1973). An objective scale for the measurement o ecological attitudes and knowledge. *American Psychologist*, 28, 583-586.
- Maloney, M. P., Ward, M. P. y Braucht, G. N. (1975). A revised scale for measurement of ecological attitudes and knowledge. *American Psychologist*, 30, 787-790.

- Martínez, I., y Rodríguez, C. (2003). Modelos gráficos. En Y. del Águila et. al. (Eds.), *Técnicas estadísticas aplicadas al análisis de datos* (pp. 217-257). Almería: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería.
- Morales, M. E. (2006). *Modelización y predicción en estadística universitaria*. Tesis doctoral no publicada, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Almería.
- Nadkarni, S., y Shenoy, P. P. (2001). A bayesian network approach to making inferences in causal maps. *European Journal of Operational Research*, 128, 479-498.
- Nadkarni, S., y Shenoy, P. P. (2004). A causal mapping approach to constructing bayesian networks. *Decision Support Systems*, 38, 259-281.
- Neapolitan, E. R., y Morris, S. (2004). Probabilistic modelling with bayesian networks. En D. Kaplan (Ed.), *The SAGE handbook of quantitative methodology for the social sciences* (pp. 371-390). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Páramo, P. y Gómez, F. (1997). Actitudes hacia el medio ambiente: su medición a partir de la teoría de facetas. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 29, 243-266.
- Pardo, M. (2006). El análisis de la conciencia ecológica en la opinión pública: ¿contradicciones entre valores y comportamiento? En R. de Castro (Coord.), *Persona sociedad y medio ambiente. Perspectivas de la investigación social de la sostenibilidad* (pp. 71-82). Sevilla: Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Pato, C., Ros, M. y Tamayo, A. (2005). Creencias y comportamiento ecológico: un estudio empírico con estudiantes brasileños. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, 6, 5-22.
- Pato, C. y Tamayo, A. (2006). Valores, creencias ambientales y comportamiento ecológico de ahorro de agua y energía. En J. A. Corraliza, J. Berenguer y R. Martín (Eds.), *Medio ambiente, bienestar humano y responsabilidad ecológica* (pp. 125-128). Santa Cruz de Tenerife: Remasa.
- Ronald, G. (1988). *Graph theory*. Menlo Park, CA: Benjamin/Cummings.
- Scheines, R., Spirtes, P., Glymour, C., Meek, C. y Richardson, T. (2005). TETRAD 3: tools for causal modelling. User's manual. Descargado el 14 de Febrero de 2005, desde <http://www.phil.cmu.edu/projects/tetrad>
- Schultz, P. W. y Zelezny, L. (1999). Values as predictors of environmental attitudes: evidence for consistency cross 14 countries. *Journal of Environmental Psychology*, 19, 255-265.
- Serrano, J. (2003). *Iniciación a la estadística bayesiana*. Madrid: Muralla-Hespérides.
- Sosa, N. M. (1997). Ética ecológica y movimientos sociales. En J. Ballesteros y J. Pérez (Eds.), *Sociedad y medio ambiente* (pp. 232-243). Madrid: Trotta.
- Spirtes, P., Glymour, C., y Scheines, R. (2000). *Causation, prediction and search* (2ª). Cambridge, MA: MIT Press.
- Thompson, S. C. G. y Barton, M. A. (1994). Ecocentric and anthropocentric attitudes towards the environment. *Journal of Environmental Psychology*, 14, 149-157.
- Tutte, W. T. (1984). *Graph theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wohlwill, J. F. (1970). The emerging discipline of environmental psychology. *American Psychologist*, 25, 303-312.
- Xiang, Y. (2002). *Probabilistic reasoning in multiagent systems. A graphical models approach*. Cambridge: Cambridge University Press.