

Predicciones en las ciencias sociales y sistemas adaptativos borrosos: aplicación al estudio de las actitudes hacia la inmigración

Estrella Gualda Caballero
y Omar Sánchez Pérez
Universidad de Huelva

PRESENTACIÓN

El interés por la explicación de los fenómenos sociales¹, así como el debate explicación-comprensión, polos asociados tradicionalmente a lo cuantitativo y cualitativo respectivamente, es ciertamente antiguo en el ámbito de la filosofía de la ciencia, y puede rastrearse desde los orígenes de la sociología y en otras ciencias (Novak, 1981; Beltrán, 2000; Conde, 1994; von Wright, 1987; Hintikka, MacIntyre y Winch, 1980). Una mayor preocupación por la «explicación» de los fenómenos sociales ha sido ligada habitualmente al desarrollo de una serie de métodos y técnicas cuantitativas. Sin perder de vista la frágil línea que separa lo cuantitativo de lo cualitativo y, más aún, la interpenetración de estas dimensiones en la vida real y lo artificial de su construcción epistemológica (Gualda, 2001), abordamos en este trabajo el análisis de las actitudes manifestadas por la población andaluza hacia la población extranjera, desde una perspectiva analítica ligada al trabajo con las redes neuronales (*neural networks*) y la lógica borrosa (*fuzzy logic*), desarrollada en otros campos del conocimiento.

Las redes neuronales y la lógica borrosa son aproximadores universales (Wang, 1996); esto es, han demostrado su capacidad para reproducir, a través de un algoritmo programable en computador, el conocimiento de un experto humano. Para

Nota: Este trabajo se encuadra entre las líneas abiertas a través del Proyecto en ejecución financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología y los Fondos Feder (SEC2002-04795).

¹ Una primera versión de este artículo fue presentada en el grupo de trabajo de «metodología» del VIII Congreso Español de Sociología organizado por la Federación Española de Sociología en Alicante. Agradecemos los comentarios recibidos, que contribuyeron a perfilar diferentes puntos del texto. Véase en Gualda y Sánchez (2004).

lo anterior la única condición necesaria es la presencia de términos cuantitativos o descripciones cualitativas que identifiquen la variable o el sistema que se pretende identificar o predecir.

Nuestro interés en este trabajo se centra en el intento de análisis de las actitudes a partir del empleo de un algoritmo basado en un sistema neuroborroso, que combina la presencia de parámetros adaptables (típico de redes neuronales) con significado cualitativo (conocimiento implícito en los sistemas borrosos) y la capacidad de reproducir el conocimiento cuantitativo que representa la cualidad que se pretende identificar. Desarrollamos la metodología empleada y elaboramos una serie de reflexiones iniciales y tentativas sobre las aportaciones que esta técnica puede proporcionar a la explicación sociológica, de manera comparada a lo que la estadística multivariante clásica viene desarrollando.

SISTEMAS ADAPTATIVOS BORROSOS, PREDICCIÓN Y SOCIEDAD

En el ámbito de la informática, la ingeniería, la robótica y otras disciplinas afines donde las matemáticas ocupan un lugar privilegiado, uno de los intereses centrales de investigación radica en encontrar vías que permitan la predicción de los fenómenos que son de interés para estas ciencias. Las aplicaciones de estos conocimientos son de gran importancia para el desarrollo de máquinas, instrumentos o artefactos de mayor o menor complejidad. Si bien parece cierto que, por el momento, muchos fenómenos naturales y físicos quedan fuera de un alcance predictivo, la peculiaridad de los acontecimientos sociales hace también difícil pensar en ellos en términos de predicción. No obstante, los esfuerzos para la predicción en el campo social son notables hoy en día. Póngase por ejemplo a la sociología electoral y sus permanentes intentos de anticipación de las intenciones de voto. Son múltiples los argumentos que invalidan la idea de la predictibilidad de lo humano, al menos en lo que respecta a la formulación de «grandes narrativas» o leyes sobre lo social que pretendan ser de carácter universal.

A pesar de que existen numerosas aplicaciones de la lógica borrosa en el área industrial, otras áreas se han beneficiado de la capacidad de ésta de representar la información heurística de un experto: reconocimiento de voz y patrones, análisis y procesamiento de imágenes, diagnóstico médico, sistemas para toma de decisiones en organizaciones, empresas y agencias gubernamentales (Terano, Asai y Sugeno, 1994; Martín y Sanz, 2001). La teoría de la lógica borrosa ha demostrado ser una herramienta poderosa para combinar los dos tipos de información que son necesarios para materializar la mayoría de los sistemas prácticos: los expertos humanos, que describen su conocimiento de un sistema a través del lenguaje natural; y la información disponible a través de sensores y modelos matemáticos que se derivan a partir de las leyes de la física (Wang, 1996).

Debe aclararse que el término «sistema adaptativo borroso» es la consecuencia de unir la propiedad de adaptación y alteración de variables propia de redes

neuronales con las variables que definen los sistemas borrosos que, en este caso, pueden ser interpretables y adquirir sentido sociológico. Todo ello se logra porque en los sistemas borrosos las *funciones de pertenencia* se distribuyen en el *universo de discurso*² de la variable donde están definidas.

Por otra parte los desarrollos recientes de la lógica borrosa y las redes neuronales (de cuyo híbrido se obtiene la adaptación paramétrica y autoajuste de las funciones de pertenencia de los primeros) parecen haber mostrado su capacidad explicativa y predictiva en algunas ciencias como la ingeniería (fundamentalmente respecto al control automático de procesos industriales). Con su ayuda se ha desarrollado la inteligencia artificial, se construyen ordenadores, se diseñan sistemas expertos, máquinas herramientas, se controlan velocidades, tamaños, temperaturas, y se diseñan otras muchas aplicaciones de un conocimiento que parece mostrar capacidades de predicción. Esta capacidad se emplea en el diseño de estos aparatos y se enriquece con las posibilidades de aprendizaje de la experiencia acumulada que llevan incorporados (Ljung, 1987; Martín y Sanz, 2001). En el ámbito de estas ciencias las capacidades predictivas facilitan el control y dominio sobre la máquina a la que se incorporan estos avances. No obstante, tanto en la rama de las ciencias naturales como sociales existen múltiples factores que dificultan mantener una visión totalmente optimista y que conducen a un cierto sano escepticismo. La imposibilidad de la predicción de todo lo social es uno de ellos, aspecto éste que se vuelve más sobresaliente ante el estado de incertidumbre sociopolítica en que nos encontramos instalados (11-S, 11-M, amén de otros). En lo que concierne a lo social en no pocas ocasiones se hace pertinente la tesis de la incertidumbre y riesgo (Beck, 1993). Estos sistemas se fundamentan en que existen una serie de parámetros conocidos de lo social a partir de los cuales se podrían predecir desarrollos futuros. De hecho, entre sus ventajas, refiriéndonos ahora al análisis neuronal, se subraya que este análisis implica un proceso dinámico que varía con nuevas informaciones, permitiendo identificar patrones, lo cual es útil para simular escenarios de predicción. Y, en este sentido, este tipo de análisis no presenta analogías con otras estadísticas (Corposanto, 2002). Tal y como lo entendemos, algunos de los problemas básicos para lograr predicciones perfectas radica en nuestra imposibilidad de controlar todos los factores que son susceptibles de participar en los fenómenos sociales (desde las motivaciones, a la atribución de significados, pasando por los deseos, la intersubjetividad, las ideologías u otros). Al mismo tiempo, concedemos gran importancia a la creatividad humana, que pone sobre la esfera social nuevos participantes, nuevas prácticas sociales cualesquiera que éstas sean, o nuevas maneras de entreverarse la realidad. Las condiciones sociales cambian. Los fenómenos sociales, aunque puedan parecerse, no son universales sino más bien particulares, lo que dificulta lograr ecuaciones encaminadas a la predicción futura que sean válidas al paso del tiempo y a la concatenación de nuevas circunstancias. En este estado de cosas, quizás nos parezca más útil probar en este trabajo qué ganancias en la explicación de las actitu-

² O rango de valores.

des hacia la inmigración podemos obtener a partir de su estudio con algoritmo neuroborroso, aspecto a lo que dedicamos las páginas que siguen.

OBJETIVOS, METODOLOGÍA Y PROCESO DE TRABAJO

Objetivos

Con la idea de dilucidar algunos factores que pueden tener influencia en las actitudes hacia la inmigración y localizar cuál es la combinación de los mismos que mejor explica dichas actitudes, sometemos los datos obtenidos en la *Encuesta Social Andaluza 2003* de la Fundación Centro de Estudios Andaluces para la obtención de un modelo explicativo a partir de la incorporación de un algoritmo neuroborroso.

Conversión de datos y descripción de la base de datos y ficha técnica

La primera operación que llevamos a cabo es conversión de los datos originales de SPSS a un formato compatible a Math Lab. El resultado final fue una base de datos con 3200 filas, correspondientes a los 3200 individuos que conformaban una muestra representativa de mayores de 15 años de la *Encuesta Social Andaluza 2003*³.

Variable dependiente y primera selección de variables independientes

La encuesta contaba con un módulo específico sobre las actitudes hacia las migraciones. Por su interés para este trabajo, adicionalmente, hemos incluido en la misma matriz de los datos de la encuesta dos variables relativas al contexto municipal migratorio: una de ellas recoge el porcentaje de extranjeros respecto al total de la población, y otra el porcentaje de extranjeros africanos respecto al total de los extranjeros residentes en el municipio donde se llevó a cabo la encuesta⁴. Nos planteamos en este trabajo como objetivo intentar localizar qué variables son mejores para explicar el comportamiento en una variable que hemos considerado de salida o dependiente. Concretamente la variable RPD44, que se corresponde con la pregunta del cuestionario PD44: Grado de acuerdo con «*Si Andalucía quiere evitar problemas debe poner fin a la inmigración*» (Escala: 1. Muy de acuerdo. 5. Muy en desacuerdo).

Diversas variables del cuestionario son válidas para obtener una impresión global sobre el grado de aceptación de las migraciones por parte de la población an-

³ Véanse los detalles metodológicos en Fundación Centro de Estudios Andaluces, 2003.

⁴ Los datos se obtuvieron del Instituto Estadístico de Andalucía: *Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía* (Sima). Dado que cada encuesta tenía grabada la información correspondiente al municipio donde se celebró, pudimos introducir posteriormente esta información en la base de datos, entrevistado por entrevistado.

daluz. Algunas de ellas se circunscriben a la aceptación de la entrada de inmigrantes, otras a la adquisición de derechos de ciudadanía, etc. La pregunta seleccionada ofrece una visión general que permite conocer globalmente el grado de aceptación, hasta el punto de que sea deseable o no poner fin a la llegada de extranjeros.

Para nuestros análisis llevamos a cabo una primera selección de posibles variables independientes que podrían estar asociadas a partir de la realización de múltiples tablas de contingencia clásicas que cruzaron la variable dependiente con cada una de las variables del cuestionario. Muchos de estos cruces resultaron estadísticamente significativos, lo que permitió constatar que dicha valoración global sobre las migraciones tenía que ver con variables sociodemográficas y contextuales del municipio; con la confianza, felicidad y satisfacción ante la vida; con las creencias existentes ante la inmigración; con los posicionamientos y opiniones que se manejan ante la inmigración o incluso con los factores a los que se aluden para aceptar la llegada de extranjeros. Otros estudios nacionales apuntan hacia esta conformación multidimensional de los factores que contribuyen al rechazo a los extranjeros, como se apunta más adelante. Dejando otros aspectos para análisis y trabajos posteriores, nos decantamos por comprobar la asociación entre la variable dependiente y algunas variables de entrada (independientes) de carácter sociodemográfico y contextuales del municipio. Todas guardan una asociación significativa con la primera a partir de los iniciales análisis basados en tablas de contingencia. Estructuramos el trabajo en varios momentos. Para este trabajo, en una primera fase las variables seleccionadas sobre las que se intenta encontrar un modelo son las que siguen:

<i>Variable</i>	<i>Pregunta</i>
<i>Independiente (entrada)</i>	
rprobextr	% de población extranjera del municipio
rprobafri	% de población africana del municipio
ingresos	Ingresos netos mensuales
rpb28	Identificación política
dsexo	Sexo
dprovin	Provincia
dedad	Edad
destudio	Nivel de educación más alto obtenido
dsegurid	¿En qué medida se siente Ud. seguro/a caminando solo/a por esta zona de noche?
dhabitat	Lugar donde vive (campo-ciudad)
dsitlabo	Situación respecto al empleo
dingrsub	Percepción subjetiva de ingresos
dpedirdi	Facilidad o no para pedir dinero prestado
dreligio	Identificación religiosa
pd39	Lugar en el que vive según la composición étnica de la población
<i>Dependiente (salida)</i>	
rpd44	Grado de acuerdo con «Si Andalucía quiere evitar problemas debe poner fin a la inmigración»

Proceso de análisis

A partir de las variables anteriores la primera fase de análisis tiene como objetivo la reducción de variables significativas para la predicción de la variable dependiente. Se trata de encontrar variables que puedan incorporar una dinámica de predicción de forma tal que se asocien entre ellas. Para lograr lo anterior, se trata de obtener el mejor modelo neuroborroso predictivo, de forma tal que el error entre el resultado de la encuesta y del modelo matemático sea el mínimo posible. Ello garantizará utilizar la mínima información significativa que pueda representar la variable objeto de predicción, eliminando información redundante y acelerando el algoritmo utilizado para la predicción. Para obtener una correlación y poder estimar el valor de determinada variable se procede a buscar el mínimo error medio cuadrático, definido por (Wang, 1996):

$$e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^p (y - \hat{y})^2 \quad (1)$$

donde:

y = Valor cuantitativo (resultado de encuesta) de la variable a clasificar

$\hat{y}$ = Valor estimado por el modelo borroso.

p = Número de encuestados

El estimador utilizado es un sistema borroso de la forma:

$$R = \{R^1, R^2, \dots, R^1, \dots, R^M\} \quad (2)$$

donde cada regla tiene la forma:

$$R^{(l)} : SI \ x_1 \text{ es } F_1^l \text{ y } \dots \text{ y } x_n \text{ es } F_n^l \text{ Entonces } y \text{ es } G^l \quad (3)$$

siendo $l = 1, 2, \dots, M$ el número de reglas. F_i^l son las funciones de pertenencia definidas en los universos de discurso $U_i \subset R..$ G^l es una función de pertenencia *singleton* definida en $V \subset R..$ Las funciones de pertenencia F_i^l y G^l representan los términos lingüísticos (variables de la encuesta) de entrada y salida respectivamente. Las entradas del sistema son $x = (x_1, \dots, x_n)^T \in U_1 \times \dots \times U_n$ para $i = 1, 2, \dots, n$, siendo n el número de variables de entrada. La variable $y \in V$ representa a la variable de salida (la que se pretende predecir).

Cuando se aplican un conjunto de reglas de la forma (3), siendo el desborrosificador centro-promedio, el método de inferencia producto y el borrosificador con consecuente escalar (*singleton*), entonces la base de reglas responde a:

$$f(x) = \frac{\sum_{l=1}^M y^l \left[\prod_{i=1}^n \mu_{F_i}^l(x_i, \theta_i^l) \right]}{\sum_{l=1}^M \left[\prod_{i=1}^n \mu_{F_i}^l(x_i, \theta_i^l) \right]} \quad (4)$$

donde $\mu_F(x, \theta)$ representa a la función de pertenencia que se define a partir de un conjunto borroso $F \in U$. La expresión (4) es equivalente a un sistema neuroborroso tal y como muestra la Figura 1, en la que se ejemplifica su estructura.

En este caso se utilizan funciones de pertenencia de tipo campana, que responden a:

$$\mu_{F_i}^l(x_i, \theta_i^l) = \exp \left[- \left(\frac{x_i - \gamma_i^l}{\beta_i^l} \right)^2 \right] \quad (5)$$

donde los parámetros que se adaptan son γ_i^l , β_i^l (centro y ancho de la función de Gauss).

De aplicar el gradiente en el mecanismo de adaptación se tiene:

$$\theta_i^l(k+1) = \theta_i^l(k) - \eta \frac{\partial J(k)}{\partial \theta_i^l(k)} \quad (6)$$

por lo que al sustituir (5) en (4) y desarrollar (6) se tiene que el mecanismo de ajuste de los parámetros responde a:

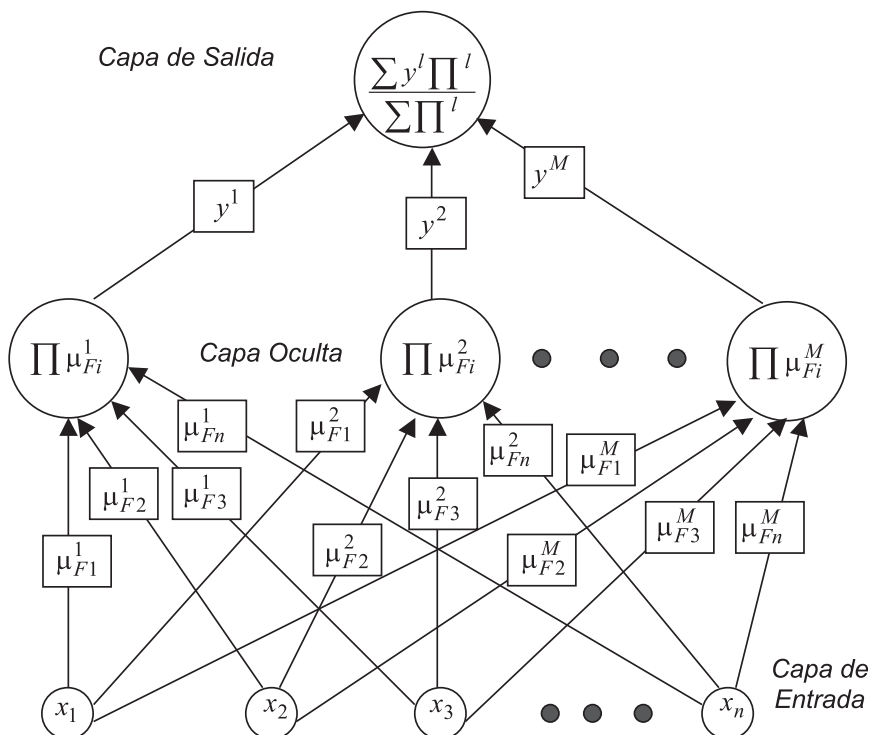
$$\frac{\partial J(k)}{\partial \beta_i^l} = e \frac{2 \prod_{i=1}^n \mu_{F_i}^l(x_i, \theta_i^l) \frac{(x_i - \gamma_i^l)^2}{(\beta_i^l)^3} \left(y^l \sum_{l=1}^M \left[\prod_{i=1}^n \mu_{F_i}^l(x_i, \theta_i^l) \right] - \sum_{l=1}^M y^l \left[\prod_{i=1}^n \mu_{F_i}^l(x_i, \theta_i^l) \right] \right)}{B^2} \quad (7)$$

y

$$\frac{\partial J(k)}{\partial \gamma_i^l} = e \frac{2 \prod_{i=1}^n \mu_{F_i}^l(x_i, \theta_i^l) \left[\frac{(x_i - \gamma_i^l)}{(\beta_i^l)^2} \right] \left(y^l \left[\sum_{l=1}^M \left[\prod_{i=1}^n \mu_{F_i}^l(x_i, \theta_i^l) \right] - \sum_{l=1}^M y^l \left[\prod_{i=1}^n \mu_{F_i}^l(x_i, \theta_i^l) \right] \right) \right)}{B^2} \quad (8)$$

En este sentido, nótese que, si se utiliza 35 reglas, se tendrán, para ocho columnas donde siete son variables de entrada: 7*35 centros, 7*35 anchos y 7*35 *singletons* de salida, lo que corresponde a un total de 735 parámetros a adaptar, que serán, al sustituirse en (5) y posteriormente en (4) parte del modelo resultante.

FIGURA 1. Red equivalente al modelo borroso.



RESULTADO DE LOS EXPERIMENTOS: VARIABLES EXPLICATIVAS DE LAS ACTITUDES ANTE LA INMIGRACIÓN

Las quince variables independientes anteriores se intentan emplear para elaborar un modelo que permita predecir los valores que se recogen en la variable de salida o dependiente, relativa al grado de acuerdo de los andaluces respecto a si se debe poner o no fin a las migraciones. Se prueban todas las combinaciones de variables posibles para generar el modelo con Matlab 6.0, manteniendo siempre la misma variable dependiente y variando la combinación de independientes. La obtención del mínimo número de variables independientes que generen el modelo con mínimo error es el objetivo fundamental del método, lo cual mantiene la capacidad de reproducir el conocimiento incorporado en las variables cualitativas.

Con las variables anteriores, finalmente son susceptibles de modelado tres conjuntos de datos, representados por las siguientes variables:

<i>Nº columna</i>	<i>Pregunta</i>	<i>Variables modelo 1</i>	<i>Variables modelo 2</i>	<i>Variables modelo 3</i>
<i>(indep.) 2</i>	% de población africana del municipio	rpobafri	rpobafri	rpobafri
3	Ingresos netos mensuales	ingresos	ingresos	ingresos
4	Identificación política	rpb28	rpb28	rpb28
5	Sexo	—	<i>dsexo</i>	<i>dsexo</i>
7	Edad	dedad	dedad	dedad
8	Nivel de educación más alto obtenido	destudio	destudio	destudio
9	¿En qué medida se siente Ud. seguro/a caminando solo/a por esta zona de noche?	dsegurid	dsegurid	dsegurid
15	Lugar en el vive según la composición étnica de la población	—	—	<i>pd39</i>
<i>(dep.) 52</i>	Grado de acuerdo con « <i>Si Andalucía quiere evitar problemas debe poner fin a la inmigración</i> »	rpd44	rpd44	rpd44

Las condiciones iniciales que se establecen para la obtención de los tres modelos fueron:

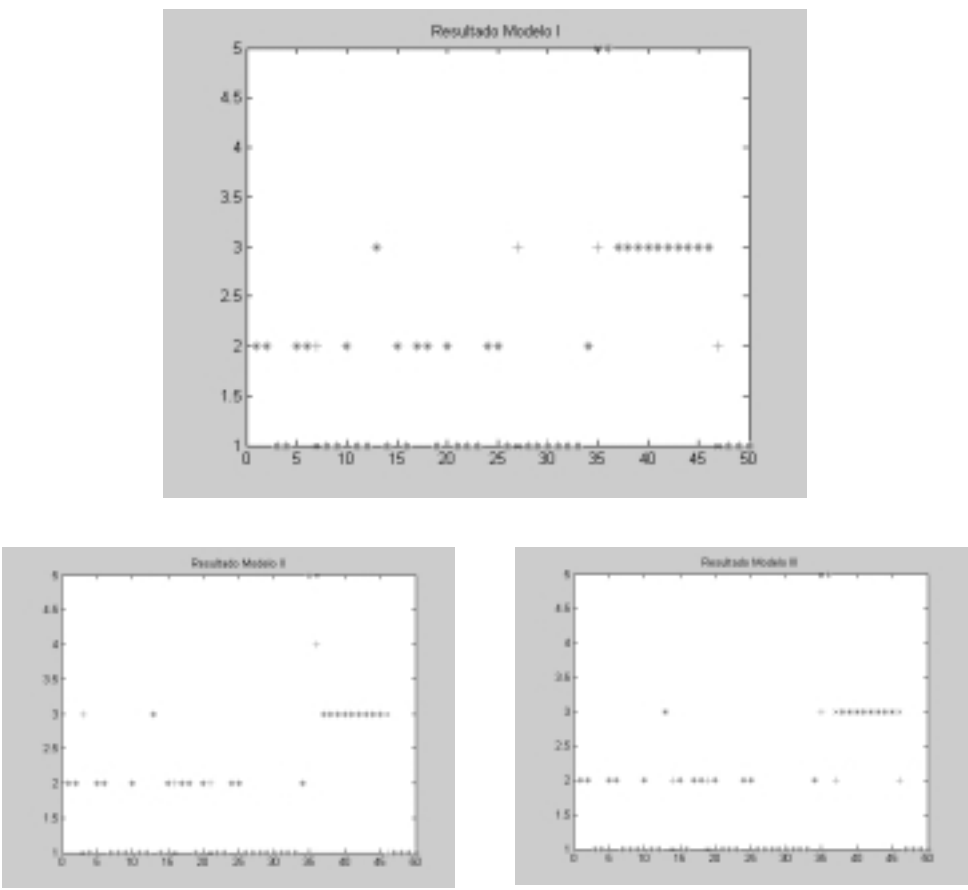
Número de épocas: 1000	Número de reglas: 35
Factor de aprendizaje: 0.001	Número de variables de salida: 1 (columna 52)

Las tres figuras del Cuadro 1 muestran la evolución del error para las 1000 épocas. Los valores discretos de la evolución final del error se aprecian también en las tablas incluidas a la derecha de cada figura. El que la evolución sea decreciente es indicativo de la reducción del error que se produce a medida que se van implementando reiteraciones sobre el patrón de datos seleccionado para modelar (épocas) en el modelo, lo cual es indicativo de su bondad explicativa. Por sus menores niveles de error se intuye que el mejor modelo explicativo sería el I, aunque los tres serían válidos para la predicción.

Una segunda operación para comprobar la pertinencia del modelo consiste en comparar los valores emitidos por el encuestado (X) con los valores estimados por el modelo (+) a partir del patrón utilizado para modelar. Estos valores aparecen representados en las figuras que se incluyen en el Cuadro 2. Se representan, para mayor claridad, los 50 primeros casos. Se puede decir que la eficiencia del modelo es del 87% ⁵.

⁵ Ésta puede entenderse como ilustrativa, pues al tratarse de datos modelables cabría la posibilidad de ajustar aún más el modelo para hacerlo más preciso.

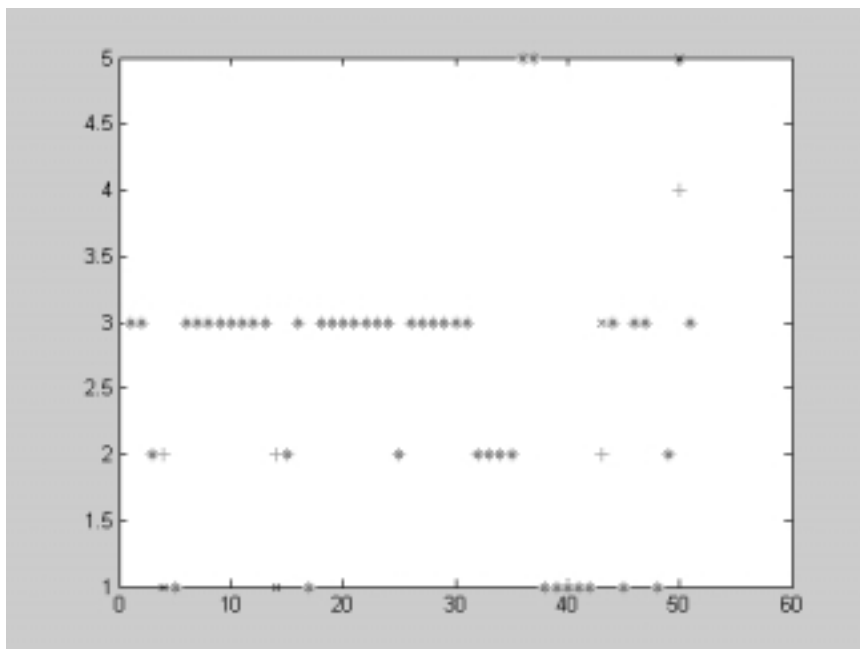
CUADRO 2
VALORES DEL ENCUESTADO (X) Y VALORES ESTIMADOS POR EL MODELO (+)



Nota: La indicación (*) representa aquellos casos en donde la predicción de los valores de la variable dependiente (grado de acuerdo respecto a «Si Andalucía debe poner fin a la inmigración») es perfecta.

Por último, si seleccionamos el modelo 1 como aquél que alcanza una mejor capacidad predictiva y se aplica a una prueba confirmatoria para el 25% de los casos de los datos de la encuesta, obtenemos la siguiente figura de valores observados y estimados (cuadro 3). Los casos para la prueba han sido seleccionados aleatoriamente a partir del programa SPSS, generando una base de datos *ad hoc* para proceder a la validación posterior del modelo. Finalmente, esta última figura muestra los valores encuestados y los estimados sobre un patrón de validación. El modelo para el patrón de validación alcanza una eficacia equiparable a las anteriores.

CUADRO 3
VALORES DEL ENCUESTADO Y VALORES ESTIMADOS: PRUEBA CONFIRMATORIA



DISCUSIÓN: FACTORES DE INFLUENCIA EN LAS ACTITUDES HACIA LAS MIGRACIONES

Los experimentos realizados ponen de relieve que varias combinaciones de variables sociodemográficas son especialmente útiles para explicar las pautas de respuesta de los andaluces respecto a su opinión sobre el hecho de poner fin a la inmigración. Se puede decir que el 26% de los andaluces se mostró de acuerdo con que la opción mejor para evitar problemas en Andalucía era dar fin a la inmigración, frente al 25% de posturas intermedias y un 49% que se mostró en desacuerdo con esta alternativa (Fundación Centro de Estudios Andaluces, 2003). La combinación de variables que mejor explica estas respuestas sería la representada por el modelo 1: a saber, el porcentaje de población africana existente en el municipio del entrevistado en relación al total de población extranjera, los ingresos netos mensuales, la identificación política, la edad, el grado educativo más alto alcanzado y la percepción de seguridad del entrevistado respecto a caminar solo por la noche.

En los modelos 2 y 3 se incorporan dos variables adicionales. El sexo, en el primer caso; y el sexo y la percepción sobre la composición étnica del lugar en el que vive el entrevistado. La segunda variable repite en cierto modo (aunque in-

corporando la apreciación subjetiva) lo que se expresa en la primera del grupo que se refiere al porcentaje de africanos. De todas formas, ninguna de las dos variables sería una medición perfecta del volumen real de extranjeros. La primera porque sólo se refiere a extranjeros empadronados. La segunda porque atiende a valoraciones subjetivas sobre la composición étnica. Pero es significativa su presencia en el modelado.

Aunque todas las variables introducidas se encontraban asociadas significativamente a la dependiente, el proceso de modelado reduce su número en el resultado final. Las que no se introducen en el modelo (por su menor importancia o redundancia) son las que siguen:

<i>Variables descartadas</i>	
dhabitat	Lugar donde vive (campo-ciudad)
dsitlabo	Situación respecto al empleo
dingsub	Percepción subjetiva de ingresos
dpedirdi	Facilidad o no para pedir dinero prestado
dreligio	Identificación religiosa

En un trabajo posterior, empleando otros parámetros de estimación en los que se está trabajando, se mostrará no sólo la viabilidad de ajustar el modelo, sino también cuál es la correspondencia entre los diferentes valores de la variable dependiente y de las independientes, profundizando en el análisis e incorporando variables adicionales.

Por lo pronto, los experimentos muestran las posibilidades de modelado y predicción respecto a las actitudes de aceptación o rechazo de la población extranjera. Aunque no existe una única teoría sobre cómo se sitúa la opinión pública ante la inmigración, diversas investigaciones señalan que múltiples factores parecen tener influencia sobre la manera en que la gente se siente respecto a la llegada de personas extranjeras (Palmer, 1996; Chandler y Tsai, 2001; Bonifazi, 1991; Esses, Dovidio, Jackson y Armstrong, 2001; Espenshade y Hempstead, 1996). En algunas de estas investigaciones, variables adscritas (como el sexo, la edad o la raza) y variables sociodemográficas diversas (entre ellas, la educación, la identificación política, el lugar de residencia, o los ingresos) suelen clasificar a los entrevistados en función del tipo de respuesta emitida. Haciendo la salvedad de que no todos los estudios incorporan el mismo tipo de preguntas y que las hipótesis que manejan son diversas, suele ser muy común en la bibliografía nacional e internacional encontrar asociaciones positivas entre la tendencia a un mayor rechazo de la población extranjera o las políticas de inmigración en sectores como los de mayor edad, los ideológicamente situados a la derecha, con inferior nivel de ingresos o menor nivel de estudios alcanzados; en algunos de los casos, en torno a hipótesis que aso-

cian el mayor rechazo con percepciones de «invasión» de extranjeros, de competencia percibida por recursos o de miedo a la pérdida de identidades. De hecho, la influencia de estas variables en las actitudes la hemos constatado recientemente con respecto a Andalucía y veintiún países de Europa basándonos en la *Encuesta Social Andaluza* y la *European Social Survey* (Gualda, 2004). Otros estudios que se vienen realizando en España y Andalucía muestran igualmente la influencia de variables como las anteriores en la conformación de las actitudes hacia la inmigración, así como la multidimensionalidad que adoptan las pautas de rechazo o aceptación de los extranjeros (Cea, 2002; Vallés, Cea e Izquierdo, 1999; Castón y Soriano, 2003; Díez Nicolás, 1998a, 1998b; barómetros del IESA-CSIC, varios años; CIS, varios años).

En cualquier caso, la influencia conjunta del abanico de variables sociodemográficas y contextuales seleccionadas en el modelo no es discordante con las que otras investigaciones, basadas en el desarrollo de una estadística más clásica, producen. Uno de los hallazgos de mayor interés en el modelo resultante, que puede dar pistas tanto sobre la relevancia de los estereotipos sobre grupos de nacionalidad en las actitudes que se desarrollan, como de la importancia de la presencia cercana de extranjeros, es que el proceso de modelado haya asignado un valor relevante a la variable: *porcentaje de población africana en el municipio* (mientras que no fue incluida en el modelo otra como el porcentaje de población extranjera). Independientemente de su lectura (en sentido positivo o negativo), no parece ser irrelevante en la conformación de las actitudes el peso que representan los africanos en los municipios entrevistados. Como tampoco lo es la percepción subjetiva de seguridad en la zona de residencia. Y otras variables más comúnmente señaladas en este tipo de investigaciones (ingresos, edad, ideología...). Al mismo tiempo, mientras que se ha introducido para modelar una variable como la ideología, otra como la identificación religiosa ha quedado fuera. Y no se trata de que no se encuentre asociada a las actitudes hacia la población extranjera (como así se constata en el análisis bivariable), sino más bien que el proceso de modelado jerarquiza y realiza una criba entre las más y menos relevantes (entre otras cosas, evitando reiteraciones innecesarias).

CONCLUSIÓN: EN TORNO A LAS APORTACIONES DE LOS SISTEMAS NEUROBORROSOS EN LA INVESTIGACIÓN SOCIOLÓGICA

Recientemente se discute sobre si las aportaciones de la lógica borrosa y las redes neuronales sustituyen —mejorándola— a la estadística clásica (algunos términos del debate pueden encontrarse, por ejemplo, en Kosko, 1993, o Martín y Sanz, 2001). Como en muchos otros temas, puede decirse que existen diferentes posicionamientos a ambos extremos de la balanza, e incluso posturas intermedias que aprecian las fortalezas y debilidades de los diferentes campos enumerados. Entre los debates que se documentan, uno de ellos tiene que ver con la aplicación de al-

goritmos basados en las redes neuronales y la lógica borrosa para clasificar, lo cual equipara a veces la estadística clásica (por ejemplo, el análisis de conglomerados) en cuanto al fin, pero no en cuanto al medio, con estas nuevas vías analíticas (Erminio y Guerrisi, 2002; Erminio, 2002; Corposanto, 2002). Algunas aplicaciones en el ámbito de la sociología concluyen que quedan aún avances por hacer en esta materia.

Respecto a nuestro trabajo, y aunque nos hemos centrado en actitudes hacia la inmigración, pueden hacerse una serie de apreciaciones genéricas que entendemos trasladables a otras parcelas de interés sociológico. Entre los principales puntos fuertes se encuentra, quizás, el de fortalecer los resultados de una investigación a través de la práctica de la triangulación; esto puede llevar al empleo de diversas metodologías y/o técnicas como podría ser el caso, por cuanto no sólo se ha tenido en cuenta en el proceso seguido la aplicación de un algoritmo de explicación neuroborroso. Por otra parte, uno de los puntos de mayor interés es la posibilidad de emplear simultáneamente, de manera más flexible que lo que ocurre con la estadística convencional, variables tanto cualitativas como cuantitativas, que pueden ser introducidas en el proceso de modelado sin necesidad de ser convertidas previamente a variables *dummy* o equivalentes. Éste puede ser un paso interesante, dada la importancia que variables nominales y ordinales ocupan en la investigación sociológica; es útil igualmente para el diseño conjunto de investigaciones multimétodo o la misma complementación cualitativo-cuantitativo. Como ya hemos comentado, otro de los valores que saltan a la vista es la posibilidad de seleccionar entre variables, aun siendo todas ellas importantes, a fin de no olvidarlas en futuros procesos de recogida de información. Junto a este criterio, que es más bien económico, la posibilidad de priorizar el poder explicativo de diferentes variables tiene interés por sí mismo para el conocimiento sociológico.

No siempre la sociología ve con buenos ojos la introducción de «modelos» en la explicación de la realidad, en gran medida por el factor de alejamiento de la «realidad concreta» que ello parece suponer, o de distorsión de los datos recogidos para ser de alguna manera ajustados. En otras tradiciones (por ejemplo, sociología matemática) o en algunos campos específicos ésta no es una tarea infrecuente. La aportación que puede hacerse al conocimiento de las actitudes con la introducción de un algoritmo neuroborroso como el empleado para manejar los datos es limitada (no sustituye la contribución de otras vías de producción y análisis de datos), aunque aporta su grano de arena y algunas ideas adicionales que sugieren nuevas líneas de interés. De todas formas, las investigaciones sociológicas en este campo tan novedoso no son aún tan frecuentes (ni se sabe si lo serán) como las realizadas con el apoyo de la estadística clásica. Entre otros factores porque poder emplear este tipo de algoritmos requiere una formación muy específica que, generalmente, no se tiene (ni se debiera tener quizás). Pero la participación en equipos interdisciplinares posibilita nuevas líneas de trabajo que, como en este caso, pueden aportar conocimientos complementarios a los obtenidos por otros medios. Uno de los campos aún no resueltos, aunque con un importante potencial

de mejora con los avances tecnológicos a los que asistimos, es el manejo simultáneo de ingentes volúmenes de información. En el caso que nos ocupa, si bien hemos trabajado con una cantidad razonable, se ha planteado para un posterior avance la preparación de un programa específico que rutinice algunos procedimientos y permita llevar a cabo el mismo tipo de modelado, pero incorporando un volumen mayor de variables que las empleadas con el fin de explotar, automáticamente, todas las combinaciones posibles de relación intervariables (pues existen miles de posibilidades combinatorias si el número de variables seleccionadas para modelar es más elevado). Otras líneas de análisis viables, aunque se han dejado también para trabajos posteriores, pasan por incrementar y diversificar el tipo y número de variables introducidas, o introducir procedimientos de «retardado» para delimitar qué variables influyen antes y cuáles después. Siquiera como balance, debemos subrayar que esta es una línea de trabajo relativamente nueva abierta para la sociología (la novedad es más palpable en el campo de las migraciones), que parece beneficiarse tanto de las posibilidades de trabajo interdisciplinar, como del avance de la informática y de los desarrollos que se están produciendo en otros campos del saber, como pueda ser el caso de la inteligencia artificial.

BIBLIOGRAFÍA

- BECK, U. (1993), *Risk society. Towards a new modernity*. Londres, Sage.
- BELTRÁN, M. (2000), *Perspectivas sociales y conocimiento*. Barcelona, Anthropos-UAM.
- BONIFAZI, C. (1991), «Italian attitudes and opinions towards foreign migrants and migration policies». *Studi Emigrazione / Etudes Migrations*, 29 (105): 21-42.
- CASTÓN, P. y SORIANO, R. (2003), «Actitudes de los españoles ante la inmigración». *Revista de investigación aplicada, social y política*, 1: 25-53.
- CEA D'ANCONA, M^a. A. (2002), «La medición de las actitudes ante la inmigración: evaluación de los indicadores tradicionales de "racismo"», *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 99: 87-111.
- CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOLOGICAS (2003), <http://www.cis.es> (Barómetro y encuestas sobre las actitudes ante la inmigración).
- CHANDLER, C. R. y TSAI, Y. (2001), «Social factor influencing immigration attitudes: an analysis of data from the General Social Survey». *The Social Science Journal*, 38: 177-188.
- CIRES (marzo de 1991, 1992, 1993, 1994, 1995), «Actitudes hacia los inmigrantes». Bilbao, BBK / Fundación BBV / Caja de Madrid. En soporte informático.
- CIRES (1992, 1993, 1994, 1995), «Actitudes hacia los inmigrantes», en VVAA, *La realidad social en España, 1990-91, 1991-92, 1992-93, 1993-94*. Bilbao, BBK / Fundación BBV / Caja de Madrid.
- CONDE, F. (1994), «Las perspectivas metodológicas cualitativas y cuantitativas en el contexto de las ciencias», en Delgado, J. M. y Gutiérrez, J. (coord.): *Métodos y técnicas cualitativas de investigación en las ciencias sociales*. Madrid, Síntesis.
- CORPOSANTO, C. (2002), «Classification in sociology: between cluster analysis and neural network model». International Sociological Association, XV World Congress of Sociology Brisbane (Australia), 7-14 de julio.
- DÍEZ NICOLÁS, J. (1998a), *Actitudes hacia los inmigrantes*. Madrid, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales / Instituto de Migraciones y Servicios Sociales.

- DÍEZ NICOLÁS, J. (1998b), *Actitudes de los españoles hacia los inmigrantes (1991-1997)*. Madrid, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales / Observatorio Permanente de la Inmigración. En CD-ROM de ASEP.
- ERMINIO, D. (2001), «Contributions of fuzzy logic to classification», en *Sociologia e Ricerca Sociale*, 22 (64): 84-85.
- ERMINIO, D. y GUERRISI, F. (2002), «A fuzzy clustering algorithm based on the analogy with mechanical physics: Meccfuz», en *Quality and Quantity*, 36 (3): 239-257.
- ESPENSHADE, T. J. y HEMPSTEAD, K. (1996), «Contemporary American attitudes toward U.S. immigration». *International Migration Review*, XXX (2): 535-570.
- ESSES, V. M.; DOVIDIO, J. F.; JACKSON, L. M. y ARMSTRONG, T. L. (2001), «The Immigration Dilemma: the role of perceived group competition, ethnic prejudice, and national identity». *Journal of Social Issues*, 57 (3): 389-412.
- FUNDACIÓN CENTRO DE ESTUDIOS ANDALUCES (2003), *Encuesta Social Andaluza*. Sevilla, Junta de Andalucía / Consejería de Relaciones Institucionales.
- GUALDA CABALLERO, E. (2001), «Pluralismo metodológico y cognitivo y articulación de técnicas y prácticas de investigación», en Gualda Caballero, E. y Cruz Beltrán, F., *Métodos y técnicas de investigación social*. Huelva, Estudios Sociales e Intervención Social.
- GUALDA CABALLERO, E. (2005), «Capital social, ciudadanía e integración social desde la perspectiva de las actitudes hacia la población extranjera», en Andreu, J. (Dir.), *Capital Social en Andalucía*. Madrid, Biblioteca Nueva.
- GUALDA, E. y SÁNCHEZ, O. (2004), «Predicciones, sistemas de explicación neuroborrosos y actitudes hacia la inmigración». VIII Congreso Español de Sociología «Transformaciones globales: confianza y riesgo». Federación Española de Sociología. Alicante, 23-25 septiembre de 2004. <http://www.dste.ua.es/congresosociologia>.
- HINTIKKA, J.; MACINTYRE, A. y WINCH, P. (1980), *Ensayos sobre explicación y comprensión. Contribuciones a la filosofía de las ciencias humanas y sociales*. Madrid, Alianza.
- KOSKO, B. (1994), *Fuzzy thinking. The New Science of Fuzzy Logic*. Londres, Flamingo.
- LJUNG, L. (1987), *System identification. Theory for the user*. Englewood Cliff, NJ, Prentice Hall.
- MARTÍN DEL BRÍO, B. y SANZ MOLINA, A. (2001), *Redes neuronales y sistemas borrosos*. Madrid, Ra-Ma.
- NOVAK, S. (1981). «Escuelas filosóficas y métodos de trabajo científicos en ciencias sociales». *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, 102: 623-638.
- PALMER, D. L. (1996). «Determinants of Canadian attitudes toward immigration: more than just racism?». *Canadian Journal of Behavioural Science. La revue canadienne des sciences de comportement*. En http://www.cpa.ca/cjsbsnew/1996/ful_palmer.html.
- TERANO, T.; ASAI, K.; y SUGENO, M., (eds.) (1994), «Applied fuzzy systems». Cambridge, MA, AP Professional.
- VALLÉS, M. S.; CEA, M. A. e Izquierdo, A. (1999), *Las encuestas sobre inmigración en España y Europa*. Madrid, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- WANG, L. X. (1996), «A course in fuzzy systems and control». Englewood Cliff, NJ, Prentice Hall.
- WRIGHT, G. H. VON. (1987), *Explicación y comprensión*. Madrid, Alianza.