

El uso de sistemas expertos en la interpretación de clasificaciones estadísticas multidimensionales.

Resumen

Juan A. Barceló

C.N.R.S. Unité Propre de Recherches No. 315. 23 Rue du Maroc. 75940 Paris.

La investigación que se presenta consiste, básicamente, en el estudio de viabilidad de una Base de Conocimientos que formaliza el dominio científico de la Interacción e Identidad Sociales; más concretamente, el uso de los objetos o artefactos «sociotécnicos» como símbolos de clase. Lo que se pretende es programar un Sistema Experto que simule el comportamiento de tal Base de Conocimientos. Los datos de entrada son los resultados de una Clasificación Automática (método de las Escalas Multidimensionales), y los datos de salida constituyen la «interpretación» conceptual de los datos matemáticos de entrada en términos de los conceptos implementados en la Base de Conocimientos, la cual puede ser descrita como una Base de Datos activa, con reglas deductivas asociadas. El propósito general de la investigación es estudiar la forma en que usamos teorías parcialmente estructuradas (*sin conexiones causales*) para obtener una Teoría de la descripción, y cómo esa Teoría de la Descripción modifica la Teoría Científica propiamente dicha.

1. Introducción

El principal objetivo de este Proyecto de Investigación (provisionalmente bautizado EXCALIBUR) es el de presentar un método para «utilizar» las Clasificaciones Estadísticas Multidimensionales.

Los científicos que estudian los elementos integrantes de la Cultura Material desconocen, por lo general, las reglas que, a partir de un dendrograma, un diagrama de dispersión, o cualquier representación geométrica de la Similaridad entre esos mismos objetos, conducen a un enunciado conceptual o interpretativo. Por ejemplo, desconocemos qué relación concreta puede existir entre el concepto de Estratificación Social y las relaciones de Similaridad entre los ítems sociotécnicos que expresan la identidad de clase en una Sociedad estratificada.

En ciencias sociales, los conceptos interpretativos no adoptan la forma de leyes matemáticas, como en Física. Ello es debido, probablemente, a su enorme complejidad: una ecuación con un número finito de variables quizás no bastará para expresar la potencialmente infinita variedad de factores que afectan a la conducta social. Ahora bien, este hecho no debiera llevarnos, *automáticamente*, al desprecio del método científico y de la Objetividad, como hay quien propone (véase, entre otros, HODDER, 1986; SHANKS y TILLEY, 1987a, 1987b): los conceptos interpretativos no sólo pueden estar expresados lógicamente, sino que incluso *deben* ser formulados así. Otra cuestión es qué lógica emplear, tema que no abordaré en este artículo (cf. BARCELO, 1991).

Todo esto no debiera hacernos olvidar la utilidad de las matemáticas en la representación de ciertos conceptos, por ejemplo, el ya citado de la Similaridad (OSHERSON y SMITH, 1981; OSHERSON, 1987; SMITH y OSHERSON, 1989; NAGAO, 1985; FESTA, 1987; BARTHELEMY y GUENOCHÉ, 1988), o la Diversidad (LEONARD y JONES, 1989; SCHOTT, 1989). En realidad, como veremos más adelante, se trata de enunciados relacionales de muy bajo nivel de generalidad, por tanto, expresados en un lenguaje observacional, cosa que no es posible en los Conceptos interpretativos de alto nivel. Constituyen una forma de describir la apariencia externa de los fenómenos, haciendo posible la interpretación como un paso subsiguiente del análisis. Proporcionan lo que llamaremos *unidades de información*

2. Interpretación y significado

Por *interpretación* entiendo el procedimiento que permite asociar a unas unidades de información empíricas concretas (*datos*) un *concepto* o *unidad de significación*. En nuestro caso (el estudio de la Cultura Material) estas unidades de significación representarán el contexto de uso (tecnómico, sociotécnico y/o ideotécnico) del objeto, así como las condiciones de validez del enunciado científico que exprese esas condiciones de uso.

Los factores que afectan el significado de la Cultura Material son, por tanto:

El Conocimiento previo que tiene de ella el científico y la Comunidad Científica a la que pertenece. Este conocimiento es, de hecho, un modelo o representación del contexto de uso de los objetos (Teoría Científica).

El Contexto real de uso del objeto (conocido o por descubrir).

Las condiciones de validez de la Teoría Científica, propuestas por el investigador y aceptadas por sus colegas mientras la Teoría demuestre su utilidad.

Las unidades de significación no se encuentran definidas en el objeto, es decir, no forman parte de sus propiedades intrínsecas; de ahí que el proceso de interpretación no pueda ser reducido a una mera extracción de la información contenida en las propiedades observables del objeto, sino que podemos describirlo como una argumentación (inferencia) científica.

Se aprecia fácilmente que en el enfoque adoptado aquí la «interpretación» es, de hecho, la contrastación particular de un Conocimiento general previo, sin

preocuparnos, de momento, por la procedencia de ese Conocimiento. Volveremos más tarde sobre este punto.

Así pues, las unidades de significación que configuran el Conocimiento aparecen caracterizadas *funcionalmente*, en términos de lo que hacen o de para lo que sirven y no en términos de su apariencia física (NEWELL, 1982; LEVESQUE, 1984). El conjunto de esas unidades, una vez ordenado, forma un Sistema Contingente de Conocimiento que hace las veces de modelo interpretativo a un fenómeno. Tal es así que, para comprender cualquier fenómeno, necesitamos imperativamente esas unidades; constituyen una especie de «diccionario» que pone en relación un conjunto de conceptos y sus correlaciones empíricas. Las unidades de significación son, pues, primitivas del Sistema, y no el resultado de unos cálculos empleados a partir de ciertos valores observados empíricamente.

3. Interpretación asistida por Ordenador

Un sistema de Interpretación asistido por Ordenador no es más que la implementación de una Base de Conocimientos y el conjunto de reglas para tratar esos Conocimientos ordenados. Los componentes de un tal Sistema son:

Especificación del objetivo de la investigación: proporcionar las condiciones de validez para todos los contextos de uso posibles en esa Base de Conocimientos específica.

Este objetivo es cumplido por medio de un lenguaje de alto nivel (programa de ordenador) con una SINTAXIS y una SEMANTICA específicas.

La Sintaxis está formulada en términos de un sistema de reglas que especifican cómo se derivan y relacionan entre sí los conceptos y sus vínculos con los datos de entrada. Esas reglas pueden expresarse matemáticamente (ecuaciones) o lógicamente (proposiciones).

La Semántica no se formula directamente en términos de cada uno de los conceptos predefinidos, sino basándose en el Análisis que proporcionan las reglas sintácticas en cada uno de esos conceptos.

¿Cómo funciona tal Sistema? No como un cálculo lógico abstracto, sino por medio de una conexión *explanans/explanandum* basada, *exclusivamente*, en el conocimiento implementado en el Sistema. La semántica del Sistema ha de estar construida como una secuencia finita de reglas de producción (*Si x entonces y*) que asignan expresiones conceptuales

a las observaciones, basándose en el contexto interno del Sistema. Se trata del mismo mecanismo de una Memoria Asociativa (o memoria dirigida por el contenido) que responde al problema siguiente: ¿acaso esta unidad de información está contenida en la memoria? Si es cierto, en dónde y qué unidades de significación asociadas pueden desencadenarse. Es decir, esta memoria almacena numerosos pares asociados [estímulo-respuesta] en los que los estímulos son un conjunto específico de atributos clave y las respuestas son los conceptos interpretativos activados por esos atributos (SOWA, 1984; GRAESSER y CLARK, 1985; STEPP y MICHALSKI, 1986; HOLLAND et al., 1986; ABELSON y LALLJEE, 1988; LINDSAY, 1988; SHASTRI, 1988). En otras palabras, la interpretación «automática» procede por asimilación del *explanans* en una estructura de conocimiento predefinida (*explanandum*). La interpretación de un objeto será, entonces, aquél de los conceptos que más le sea aplicable, de acuerdo con un cierto criterio de operacionalidad, también implementado en el sistema (CLANCEY, 1985; SAMMUT y BANERJI, 1986; NIEMANN, 1988; VOGEL, 1988).

Precisamente a causa de este hecho, los conceptos interpretativos tienen una estructura particular, dividida en estructura interna y externa (cfr. OSHERSON y SMITH, 1981; ARMSTRONG et al., 1983; MURPHY y MEDIN, 1985; WATTENMAKER et al., 1988; MICHALSKI, 1989; MEDIN y ORTONY, 1989). La estructura interna está constituida por su contenido en información (las «unidades de significación asociadas» en la Memoria Asociativa), que procede de una Teoría Científica considerada válida. Por ejemplo, la estructura interna de concepto «Control Social» estará formada por todo lo que sabemos acerca de esa forma de interacción social y que podamos expresar en proposiciones. Por su parte, la estructura externa del concepto está formada por el procedimiento de identificación; en el ejemplo anterior, qué relaciones de Similaridad mantienen entre sí los objetos sociotécnicos que simbolizan la identidad de las clases sociales en una comunidad humana, para que podamos concluir la existencia en ella de Control Social.

La Arquitectura general de este Sistema no debe ser vista como una reivindicación de la deducción por encima de la inducción, sino como reconocimiento de la importancia del Conocimiento previo en todo proceso de inferencia. Este hecho ha sido recientemente subrayado por numerosos investigadores (MICHALSKI, 1983; HOLLAND et al., 1986).

Ahora bien, ¿qué relación existe entre la estructura externa y la estructura interna de los conceptos o unidades de significación? Se podrá pensar que el procedimiento de identificación de un concepto ha de ser necesariamente deducido de las informaciones asociadas a ese concepto. Es fácil ver que ésta opción no es válida: la deducción es, fundamentalmente, un procedimiento de sustitución de unas expresiones por otras lógicamente equivalentes. La forma es:

$$C - > P = Q$$

que afirma que la expresión *P* sustituye la expresión *Q* si se puede probar que la expresión *C* es verdadera, esto es, que es un teorema del sistema (BROWN, 1986). Esta condición de «verdad» es Universal, porque la activación de *C* en un Sistema Formal no depende del contenido del Sistema, sino de unas reglas de transformación válidas en cualquier contexto. Mas no existen, en la práctica científica, reglas sintácticas universales (ni en nuestra disciplina, ni en ninguna otra). Si más no, una de las limitaciones de la «universalidad» de *C* es que depende del propósito con el cual usamos el Sistema (el criterio de operacionalidad antes citado): ese propósito está también implementado, de algún modo, en el procedimiento de identificación del concepto interpretativo.

Por consiguiente, lo que nos interesa no son las reglas sintácticas de formación de los conceptos, sino la búsqueda de reglas de manipulación semántica, así como las reglas que traducen la apariencia externa de los objetos en la estructura semántica del Sistema de Interpretación. Necesitamos propiedades semánticas que identifiquen significados, y no sólo propiedades sintácticas que caractericen los procedimientos de identificación en «abstracto» (RITCHIE, 1980; WINOGRAD, 1980a, 1980b y 1983; GRAESSER y CLARK, 1985; ROSEN, 1987; MOSS, 1989).

En resumen, el significado es un producto manufacturado cuya materia prima es la información. En este sentido, el significado ha de ser extraído, derivado, creado o impuesto de algún modo a partir de la ordenación matemática de los artefactos y de todo el conocimiento disponible. En otras palabras:

«to know the meaning is to be able to construct routines that involve the concept in an appropriate way, that is, routines that take advantage of the place [the data] occupy in an organized system of concepts» (MILLER y JOHNSON-LAIRD, 1976: 128).

4. Operadores matemáticos y Operadores lógicos

La traducción de las estructuras aparentes (observacionales) en sistemas organizados de conceptos (unidades de significación ordenadas en función de un objetivo concreto) puede hacerse de dos formas:

A partir de un Modelo Estadístico, obtenido por la transformación matemática de la estructura taxonómica.

A partir de un Modelo Proposicional, obtenido por una transformación lógica de la estructura taxonómica.

En el primer caso, el operador es una función matemática que ofrece a cada dato una estimación de su pertenencia a uno o varios conceptos. Esta estimación, por su parte, es una medida de la compatibilidad existente entre una descripción numérica (representación) y ciertas relaciones matemáticamente formuladas (concepto). El objetivo es encontrar el significado de los datos a partir de la probabilidad de pertenencia a un concepto, siempre y cuando ese concepto esté definido en función del operador matemático.

El problema es, por tanto, encontrar un operador (una función matemática) que sea concordante con la unidad de significación, expresada en los mismos términos que el operador (fig. 1). En la mayor parte de las ocasiones se considera apriorísticamente que la noción matemática de Similaridad hace las veces de tal operador, con lo que se está afirmando implícitamente que la «naturaleza interpretativa» del concepto existe en la estructura definida por la suma de las variables y atributos usados en el cálculo de similaridad. En otras palabras, la concordancia operador/concepto obliga a que éste último sea definido como «el conjunto de las propiedades independientes compartidas por un cierto conjunto de objetos relacionados matemáticamente (similares) de acuerdo con las reglas sintácticas que emanan del operador».

Ahora bien, esta definición de las unidades de significación puede que sea aceptable para la Biolo-

gía, pues en esa disciplina los algoritmos usados para calcular la similaridad y la pertenencia a los taxones son una generalización matemática de ciertas relaciones conocidas también a nivel empírico (SNEATH y SOKAL, 1973; DUNN y EVERITT, 1982). Hasta el momento, nada de eso sucede en Arqueología y Ciencias Sociales (pero véanse los intentos en APTHORPE, 1984).

Volvemos a encontrarnos exactamente donde estábamos al principio: qué relación debe haber entre la Similaridad y las Unidades de Significación (cf. una discusión detallada de esa cuestión en RIPS, 1989). ¿Es suficiente la Similaridad entre objetos sociotécnicos para definir un cierto tipo de Interacción Social?.

En el ámbito de la Inteligencia Artificial se han producido algunos intentos para proponer métodos que pueden ser útiles al respecto. Por ejemplo, en el dominio de esa disciplina conocido como «Aprendizaje Automático», un ordenador es capaz de «racionalizar» ciertos conceptos por medio de la descripción generalizada de los ejemplos de ese concepto (MICHALSKI, 1980, 1983; STEPP y MICHALSKI, 1983, 1986; KODRATOFF, 1985; FISHER y LANGLEY, 1986; DIDAY, 1987, 1988). Así, por ejemplo, si queremos definir la relación entre el concepto de Sociedad Estratificada y la similaridad entre los objetos sociotécnicos usados por esa sociedad, presentaremos al ordenador ejemplos sucesivos de casos en los que sabemos con seguridad que la estructura social está estratificada, y en los que hemos medido las relaciones de similaridad entre los objetos que sirven para indicar la identidad social. El ordenador debe encontrar, entonces, una descripción del concepto que divida el espacio de todos los ejemplos posibles en dos regiones: positiva y negativa. Todos los ejemplos en la región positiva son considerados casos concretos del concepto en cuestión, por lo que éste recibirá como función de activación la forma específica que las relaciones de similaridad adoptan en esos ejemplos.

Es importante señalar que estos conceptos no son «creados» automáticamente por el ordenador, sino sólo la representación de los mismos. Es decir, el objetivo no es explicar unos datos mediante ciertas reglas de inducción, sino proponer las reglas de inducción que definan mejor un concepto preexistente mal definido. Por lo tanto, dado

- un conjunto de casos cuya interpretación es conocida previamente
- un conjunto de atributos que caracterice esos ca-

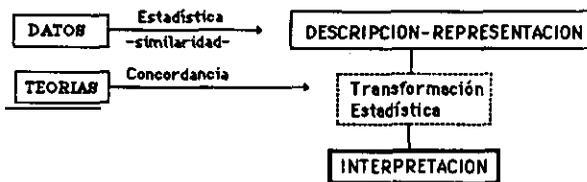


Fig. 1

sos (por ejemplo, relaciones de Similaridad entre objetos Sociotécnicos).

- unos conocimientos previos acerca del problema, las propiedades de los atributos, las reglas de inferencia para generalizar nuevos atributos y un criterio para evaluar la cantidad de clasificaciones posibles (es decir, a título de ejemplo, una Teoría Científica aceptada sobre la Interacción Social).

hay que encontrar

- una jerarquía de conceptos en la que cada uno esté descrito por un enfoque conjuntivo

Una variante «deductiva» de este método (MITCHELL, UTGOFF y BANERJI, 1983; VAN HARMELEN y BUNDY, 1988; MINTON et al., 1989) sería:

dado:

- una descripción hipotética del concepto a definir
- un ejemplo concreto de dicho concepto
- una Teoría que explique cómo el concepto es una instancia del concepto a definir
- un criterio de operacionalidad que explique la forma en que debe expresarse la definición del concepto

determinar

- una generalización del ejemplo que sirva como sustituto de la descripción inicial, y que sea concordante con la teoría y con el criterio de operacionalidad.

Ambos métodos proporcionan, pues, la definición de la unidad de significación como una expresión conjuntiva (conjunción y/o disjunción de atributos). Lo que los diferencia de la Taxonomía Numérica clásica es que esos atributos tienen significado por sí mismos. No se trata de meras propiedades físicas, sino unidades complejas de información. Lo que hace el ordenador con ellas es disponerlas «conjuntivamente» para formar proposiciones lógicas (y no enunciados probabilísticos) del tipo:

Si x, y, z
entonces C

(PARSAYE y HANSSON, 1987).

Aún, y a pesar de todas las ventajas que ofrecen estos métodos, no son inmunes al riesgo de *instrumentalismo*, uno de los «errores» más criticados del Positivismo Lógico. Ciertamente, se pretende representar conceptos por medio de un lenguaje observacional, no reducir su naturaleza interpretativa a ese lenguaje observacional. Sin embargo, en la práctica, esa distinción es muy débil.

En este trabajo pretendo mostrar un operador lógico y no operadores estadísticos o semi-estadísticos. El procedimiento de interpretación aparece,

entonces, como un procedimiento de inferencia que utiliza ciertas informaciones previas sobre los conceptos (procedentes de la formalización de una Teoría Científica aceptable) y un conjunto de reglas que permite alterar esas informaciones en función de los distintos contextos en los que trabajemos. La figura 2 muestra la estructura del operador lógico usado: una representación de las relaciones de Similaridad entre los objetos constituye el espacio de la representación. Esa representación se usa como mecanismo de activación de algunos conceptos almacenados en el Espacio Semántico [formalización de *todos* los conceptos posibles de una Teoría Científica dada]. Los conceptos activados por una Base de Datos específica constituyen una interpretación de la misma, interpretación que es contrastada por medio de ejemplos de control (Experimentación).

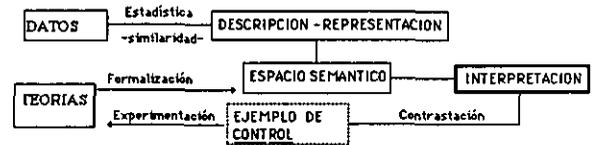


Fig. 2.

El operador lógico está definido por el conjunto de reglas que organizan y ordenan los distintos conceptos (el Espacio Semántico), de forma tal que el conjunto de todos los conceptos posibles emanables de una Teoría adopte la estructura de una Red Asociativa. En ella, cada concepto es un predicado (o conjunto de predicados) conectado a otros muchos por medio de relaciones. Estas relaciones son vínculos que contribuyen al significado de cada concepto, pues *representan* las funciones que debe desempeñar cada uno de ellos. Ya hemos visto anteriormente que los conceptos se definen funcionalmente y no por su estructura.

La Red Asociativa de conceptos adopta, pues, la forma de un grafo compuesto por nodos y arcos entre esos nodos. En él, la interpretación está representada, a su vez, por la interacción de distintos nodos (conceptos), cada uno enviando mensajes (por medio de las relaciones o arcos) a otros nodos.

Las relaciones entre los conceptos son de dos tipos: taxonómicas (ES-UN) o explicativas. Ambas permiten la herencia de propiedades, es decir, la activación de un concepto siempre y cuando haya sido activado el anterior; pero, mientras que en el primer tipo la relación está definida axiomáticamente [*siempre* que se active *a*, se activará *b*], en el segundo

tipo, entre a y b se ha definido un concepto intermedio (llamémosle x), cuya función de activación nada tiene que ver con la de a . Por lo tanto, si a y x se activan simultánea e independientemente, entonces se activará también b .

En resumidas cuentas, el operador lógico es el controlador de la semántica del sistema pues contiene toda la secuencia de reglas de producción que permiten la identificación de los distintos conceptos. No es más que la simulación de unas operaciones mentales bien conocidas en Psicología: el proceso que permite identificar una relación empírica y «etiquetarla» por medio de un concepto almacenado en el interior del Sistema depende de toda una serie de mecanismos estructurales y de procedimiento; los primeros están implementados en la propia arquitectura del Sistema (relaciones ES-UN y explicativas) mientras que los segundos hacen las veces de Unidades de Activación o Entidades Analíticas (no confundir con las Entidades Teóricas o Conceptos) (ANDERSON, 1983; HOFFMAN, 1986; HOLLAND et al., 1986; JOHNSON-LAIRD, 1988).

En la Red Asociativa de conceptos, la «verdad» de una interpretación está sustituida por la noción de «presente en el grafo como arco (relación) entre dos nodos». Es decir, la única condición para que uno o varios conceptos sean una interpretación válida de un conjunto de datos específico es que estén «activados», esto es, que en el grafo exista una serie de arcos que conecten efectivamente los datos con el concepto en cuestión. Es por esto por lo que la inferencia no se define como la derivación de Teoremas a partir de Axiomas y de Teorías, sino como la extensión de estructuras relacionales incompletas, para que sean menos incompletas (FROST, 1986; TOURETZKY, 1986; ETHERINGTON, 1987; SHASTRI, 1988; HORTY et al., 1990).

Estas ideas son muy importantes; en general, se puede decir que la expresión

$$D \rightarrow C$$

es válida, donde D son los datos y C los conceptos, si existe en la Base de Conocimientos alguna forma en que la activación de los conceptos de bajo nivel relacionados con D se propague hasta un concepto de alto nivel como C . Es decir, que exista:

$$D \rightarrow x \rightarrow y \rightarrow z \rightarrow C$$

5. Funcionamiento del Sistema

Hasta aquí se ha mencionado en muchas ocasiones el término «activación», sin que se haya explicado

convenientemente. *Activación* es, en este trabajo, un sinónimo de instanciación. Antes de poner en marcha el Sistema, la Base de Conocimientos ya existe como el conjunto del mayor número posible de soluciones a un problema dado. Lo que pretendemos es que, de todos esos conceptos que el sistema conoce, se extraiga (es decir, se «active») aquél (o aquéllos) que se pueda considerar como la respuesta a un problema dado.

La forma usual de ese problema es la siguiente: «una comunidad humana, H , utiliza en un contexto C (espacial, social, cultural, cronológico,...) una serie de objetos O , con una finalidad F (BARCELO, 1989). Habitualmente, la incógnita a resolver es F , pues tanto H , C como O son conocidos por el arqueólogo. Ahora bien, el valor de F no es una función del valor concreto de H , C u O , sino una instanciación de T (una Teoría, presentada bajo la apariencia de una Base de Conocimientos), siempre y cuando satisfaga las condiciones impuestas por H , C y O , de un lado, y T del otro. El objetivo del estudio será, por tanto, analizar todas las relaciones posibles entre (H, C, O) y (T) . Lo que menos importa es «automatizar» las instanciaciones de T , sino que hemos de intentar simular el comportamiento de la Teoría en un contexto particular, para observar sus aciertos y sus debilidades. Es preciso tener en cuenta que T no está formada por un conjunto de Verdades Científicas, sino de hipótesis. De ahí que quizás fuese mejor definir el objetivo del estudio por medio de la siguiente pregunta: ¿acaso la Teoría T puede ser válida en un contexto definido por H , C y O ?

Supongamos una Teoría ideal (es decir, que no se corresponde con ninguna Teoría Científica al uso) sobre la Interacción Social. Nos interesa estudiar el concepto de Control Social; particularmente, si es posible poner en relación este concepto con una representación específica de la Similitud entre los objetos sociotécnicos de una comunidad. Es decir, de lo que se trata es de analizar la importancia de la noción de similitud en la naturaleza de una de las formas de Interacción Social, y hacerlo de manera que sea arqueológicamente útil: si todos los objetos utilizados por una comunidad para «fijar» su pertenencia a una Elite Social son idénticos, ¿significa que esa Elite Social tiene una estructura más o menos estable? ¿Qué papel desempeña el Control Social en esa estabilidad?

Supongamos que al concepto de Control Social le hemos asignado un nivel de generalidad muy alto, esto es, no puede expresarse por medio de un lenguaje observacional. En estas condiciones ¿cómo lo

utilizaremos en una interpretación? Derivando sucesivamente, gracias a lo que sabemos acerca de la Teoría, conceptos de nivel más bajo, hasta llegar a conceptos expresados en lenguaje observacional (relaciones matemáticas de Similaridad). Como resultado hemos obtenido una lista de 20 conceptos:

Control Social
 Estratificación Social Compleja
 Estratificación Social Simple
 Estratificación Social Nula
 Jerarquización Social Muy Fuerte
 Jerarquización Social Apreciable
 Jerarquización Social Nula
 Clase Social Dominante
 Clase Social Media
 Clase Social Dominada
 División Social Muy Fuerte
 División Social Acentuada
 División Social Parcial
 División Social Débil
 División Social Inexistente
 Grupo Social con Consistencia de Clase
 Grupo Social Formado
 Grupo Social en Formación
 Grupo Social No Diferenciado
 Diferencia de Poder

Todos estos conceptos están relacionados entre sí, de forma tal que las informaciones asociadas a cada uno «circulan» por la red que han formado. Hay que señalar que lo que aquí hemos llamado «concepto», no deja de ser una etiqueta o predicado cuya finalidad es la de recuperar una serie de informaciones (su estructura interna).

Los conceptos «División Social», «Grupo Social» y «Diferencia de Poder» son los más bajos en la jerarquía, porque podemos aproximarnos a ellos en lenguaje observacional: los términos División, Diferencia y Grupo hacen referencia claramente a relaciones de Similaridad, más concretamente:

DIVISION: —> cierto grado de falta de similaridad
 GRUPO: —> cierto grado de similaridad
 DIFERENCIA: —> sustracción de valores específicos de similaridad

En consecuencia, unos ejemplos de función de activación de esos conceptos de bajo nivel serían:

- Si los índices de similaridad entre todos los objetos sociotécnicos son mayores que x , entonces -> GRUPO SOCIAL
- Si los índices de similaridad entre todos los objetos sociotécnicos son menores que x , entonces -> DIVISION SOCIAL

¿Cómo hemos llegado a definir esas funciones de activación? Una vez definidos los conceptos no directamente observacionales de nivel bajo, se aplican técnicas inductivas y/o deductivas de Aprendizaje Automático (cf. supra) que conviertan la información teórica asociada a esos conceptos en un lenguaje observacional, dado un conjunto de ejemplos etnoarqueológicos de control (lo mayor posible). La función de activación obtenida es falsable si las inferencias producidas por el Sistema no reproducen lo que sabemos acerca del ejemplo de control.

Una vez activados los conceptos de menor nivel jerárquico, la activación se propaga por la red, siguiendo las relaciones teóricamente definidas entre los conceptos.

Ya se ha dicho en la sección anterior que las relaciones entre conceptos son de dos tipos, taxonómicas «puras» y «explicativas». La diferencia es muy clara. Supongamos, por ejemplo, los conceptos:

Clase Social Dominada
 Clase Social Dominante
 Clase Social Media
 Estratificación Social Simple
 Estratificación Social Compleja

Los conceptos «Clase Social» los hemos situado en un nivel de abstracción inferior al de los conceptos «Estratificación Social». La relación entre ambos niveles es directa. En principio podemos esquematizar la argumentación diciendo:

- Si existe Clase Social Dominada y Clase Social Dominante, entonces existe Estratificación Social Simple.
- Si existe Clase Social Dominada, Clase Social Media y Clase Social Dominante, entonces existe Estratificación Social Compleja.

Analizando, por el contrario, la relación entre los conceptos de «Estratificación» y «Control Social», apreciaremos que no hay entre ellos una relación directa. En principio, comunidades con cualquier tipo de Estratificación pueden desarrollar Control Social. Sabemos que hay relación entre ambos conceptos porque si hay Estratificación, habrá Control Social, pero también sabemos que necesitamos más información para concluir que esa relación es válida. En parte, esa información existe en la estructura interna de conceptos como «Jerarquía Social»: para que en una comunidad se dé el Control Social es preciso que esté jerarquizada y estratificada. Pero aún nos falta información. Necesitamos un nuevo concepto que sirva de intermedio; pongamos por

caso, la noción de «Rivalidad Social». Este es un concepto externo al sistema, ya que sólo está ligado al concepto de «Control Social», es decir, que su activación no depende de la activación de los conceptos anteriores (fig. 3).

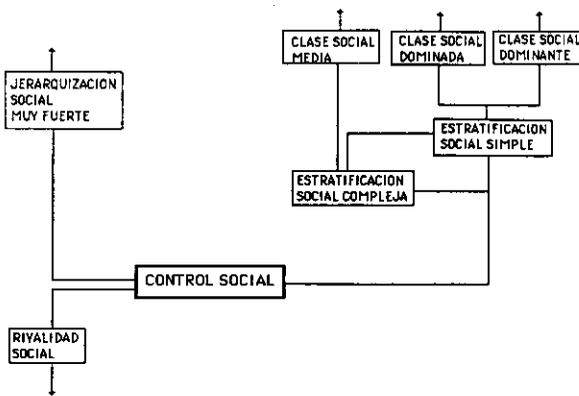


Fig. 3.

El resultado final (output del Sistema) sería una proposición de la forma:

«El concepto X ha sido activado por la población P porque las funciones de activación F1, F2 y F3 concuerdan con la descripción obtenida en P»

F1 es la función de activación que activa el concepto de bajo nivel «División Social», F2 la función de activación que activa el concepto de bajo nivel «Diferencia de Poder» y F3 la función de activación que activa la cadena de inferencias que lleva al concepto «Rivalidad Social». Como se ve, la explicación que proporciona el Sistema es una lista de las funciones de activación teóricamente necesarias.

Se podría aducir que incurrimos de nuevo en el error positivista de confundir conceptos interpretativos con lenguajes observacionales (cf. HANNEN y KELLEY, 1988; GIBBON, 1989). El Sistema cuya maqueta general se ha presentado aquí no pretende producir Interpretaciones Automáticas. Es una simulación de las Teorías de Alcance Medio (RAAB y GOODYEAR, 1984; SCHIFFER, 1988; BINFORD, 1989), y no una receta para hacer Arqueología. Simplemente, permite formalizar funciones de activación (por ejemplo, Relaciones de Similaridad por encima de 0,78 entre ítems sociotécnicos implican Control Social) en una plataforma capaz de *reproducir* sin error cadenas de inferencia muy largas. De este modo, se consigue cumplir una condición previa a toda experimentación. La limitación de los

arqueólogos y científicos sociales a tratar con cadenas de inferencia muy cortas e hipótesis simples de bajo nivel de abstracción puede ser solventada recurriendo a Sistemas de Interpretación Asistidos por Ordenador. Estos últimos no son «inteligentes» por sí mismos, sino porque reproducen los mecanismos de inferencia más complejos que pueda llegar a entender un investigador.

6. Conclusiones

La estructura interna de los conceptos interpretativos no es más que la implementación de una Teoría Científica: en vez de una lista de todos los atributos posibles de un concepto se construye un modelo o representación dinámica (es decir, transformable) de los atributos *teóricamente necesarios*, de las relaciones entre ellos y de sus funciones de activación para la definición de cada concepto. La coherencia de éstos deriva, pues, de la estructura interna del dominio en el que se va a usar el concepto y la posición del concepto en la Base de Conocimientos. En términos de Inteligencia Artificial, podemos describir este núcleo conceptual como una estructura explícita residente en la memoria del ordenador y que registra las propiedades comunes y más típicas del concepto, así como el principio que unifica sus distintas instancias.

El procedimiento de identificación-instanciación (la estructura externa) es un mecanismo de inferencia a partir de esta Base de Conocimientos, y no un cálculo matemático o estadístico. Utiliza el conjunto estructurado de unidades de significación y ciertas bases de reglas para transformar la Base de Conocimientos según el Contexto. El procedimiento está configurado por los meta-conocimientos que poseemos acerca de los conceptos, es decir, las propiedades que son claves para un concepto y que no aparecen en el contexto estudiado, las transformaciones autorizadas en la Base de Conocimientos y cómo las propiedades o las transformaciones pueden variar entre las instanciaciones de un concepto. Un procedimiento de instanciación así definido opone la representación del concepto a las observaciones (instanciaciones potenciales) por medio de inferencias que integran la información contextual y los conocimientos estructurados en la memoria del ordenador.

Una manera cómoda y útil de simular el funcionamiento del procedimiento de identificación-instanciación, es por medio de un Sistema Experto, es decir, usando reglas de producción y un modo de

inferencia basado en el *Modus Ponens*: un sistema como ése tendrá dos componentes principales, un conjunto de reglas condición-acción (Si ..., entonces ...) o *producciones*, y una memoria de trabajo dinámica (fig. 4). Antes de lanzar la Base de Reglas, la Memoria de Trabajo está ocupada por la Teoría Científica propiamente dicha, presentada bajo la forma de una Red Asociativa (Entidades Teóricas unidas por conexiones taxonómicas y/o explicativas). Dado que esa memoria es dinámica, al instanciar las Unidades de Activación, esto es, introducir en la Memoria una serie de datos, ésta se transforma, adoptando un estado peculiar, precisamente el subgrafo de la Red Asociativa que corresponde a la Base de Datos usada. Esa Base de Datos debería haber sido escogida por su capacidad para representar un problema; en nuestro caso, las relaciones de similitud entre objetos sociotécnicos representan el problema: «qué clase de Identidad Social existe en esa Comunidad». Asociada al problema existe una Base de Reglas, cuya función es *describir* el estado particular de la Red Asociativa que ha sido activado por la Base de Datos: esa descripción es, evidentemente, la *solución* al Problema. La Base de Reglas puede contener también criterios de validación *externos*, esto es, independientes de la Teoría utilizada en un principio, que en el caso de ser satisfechos por la solución, contribuirían a modificar la Teoría de partida. El sistema opera por ciclos. En cada uno de ellos, las condiciones de cada regla son comparadas con el estado actual de la memoria de trabajo. El sistema selecciona aquellas reglas cuya condición reaparece en la memoria de trabajo y las aplica, es decir, sus acciones son incorporadas a la memoria. Este hecho altera el estado de la memoria de trabajo, por lo que, en los ciclos siguientes, las reglas son comparadas a

una memoria de trabajo «ampliada». El sistema se detiene cuando se han acabado las reglas o cuando el usuario introduce la instrucción: FIN

BIBLIOGRAFIA

- ABELSON, R.P.; LALLJEE, M.
1988 «Knowledge structures and Causal Explanation» en *Contemporary Science and Natural Explanation. Common sense conceptions of causality*. Edited by D. Hilton. Brighton: The Harvester Press.
- APTHORPE, R.
1984 «Hierarchy and other social relations: some categorial logic». *Differences, valeurs, hierarchies. Textes offerts à Louis Dumont*. Organisé par J.C. Galey. Paris: Ed. de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.
- ANDERSON, J.R.
1983 *The Architecture of Cognition*. Cambridge (MA): Harvard University Press.
- AMSTRONG, S.L.; GEITMAN, L.R.; GLEITMAN, H.
1983 «What some concepts might not be». *Cognition* 13: 263-308.
- BARCELO, J.A.
1989 *Arqueología, Lógica y Estadística*. Bellaterra: Servei de Publicacions de l'Universitat Autònoma de Barcelona (Tesis Doctorals, microfites).
- BARCELO, J.A.
1991 «Simulating Non-Monotonic reasoning in Archeology» (en preparación).
- BARTHELEMY, J.P.; GUENOCHÉ, A.
1988 *Les arbres et les représentations des proximités*. Paris: Masson.
- BINFORD, L.R.
1989 *Debating Archaeology*. New York: Academic Press.
- BROWN, M.
1986 «An experimental logic based on the fundamental deduction principle». *Artificial Intelligence*, 30(2): 117-263.
- CLANCEY, W.J.
1985 «Heuristic Classification». *Artificial Intelligence*, 27: 289-350.
- DIDAY, E.
1987 «Introduction à l'approche symbolique en Analyse des données». Actes des Journées Symbolique-Numérique' pour l'Apprentissage de Connaissances à partir de Données. Organisées par E. Diday et Y. Kodratoff. Paris: Lise, Ceremade et Univ. Paris-Dauphine.
- DIDAY, E.
1988 «The symbolic approach in clustering and related methods of data analysis: the basic choices» en *Classification and Related Methods of Data Analysis*. Edited by H.H. Bock. Amsterdam: North Holland.

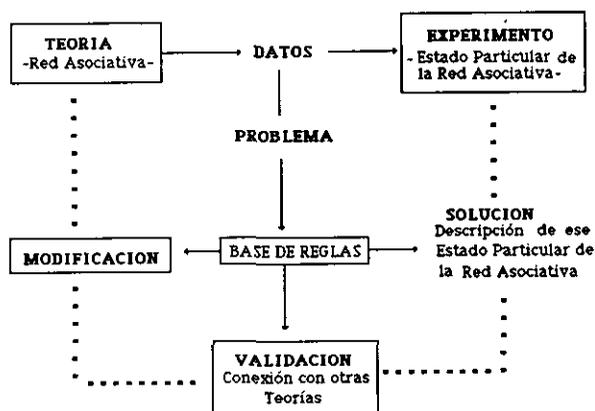


Fig. 4.

- DUNN, G.; EVERITT, B.S.
 1982 *An introduction to mathematical taxonomy*. Cambridge University Press.
- ETHERINGTON, D.W.
 1987 «Formalizing Nonmonotonic Reasoning Systems». *Artificial Intelligence*, 31: 41-85.
- FESTA, R.
 1987 «Theory of Similarity, similitude and verisimilitude», en *What is Closer-to-the-Truth?*. Edited by T.A.F. Kuipers. Amsterdam: Editions Rodopi B.V.
- FISHER, O.; LANGLEY, P.
 1986 «Conceptual Clustering and its relation to Numerical Taxonomy» en *Artificial Intelligence & Statistics*. Edited by W. Gale. Reading (MA): Addison-Wesley.
- FROST, R.A.
 1986 *Introduction to Knowledge Base Systems*. London: Collins (Trad. en castellano: *Bases de Datos y Sistemas Expertos. Ingeniería del Conocimiento*. Madrid: Ed. Díaz de Santos).
- GIBBON, G.
 1989 *Explanation in Archaeology*. London: Basil Blackwell.
- GRAESSER, A. C.; CLARK, L.F.
 1985 *Structures and procedures of implicit Knowledge*. vol. XVII in the series *Advances in Discourse Process*. Norwood (NJ): Ablex.
- HANNEN, M.P.; KELLEY, J.H.
 1988 *Archaeology and the Methodology of Science*. Albuquerque: The University of New Mexico Press.
- HODDER, I.
 1986 *Reading the Past. Current approaches to interpretation in Archaeology*. Cambridge University Press (hay traducción castellana, Ed. Crítica. Barcelona).
- HOFFMAN, J.
 1986 «A simulation approach to conceptual identification», en *Knowledge and Language*. Editet by I. Kurcz, G. W. Shugar and J.H. Danks. Amsterdam: North Holland.
- HOLLAND, J.H.; HOYOAK, K.J.; NISBETT, R.E.; THAGARD, P.R.
 1986 *Induction. Process of Inference, Learning and Discovery*. Cambridge (MA): The MIT Press.
- HORTY, J.F.; THOMASSON, R.H.; TOURETZKY, D.S.
 1990 «A skeptical theory of Inheritance in Nonmonotonic Semantic Networks». *Artificial Intelligence*, 42: 311-348.
- JOHNSON-LAIRD, P.
 1988 *The Computer and the Mind. An introduction to Cognitive Science*. Cambridge (MA): Harvard University Press. (hay traducción castellana).
- KODRATOFF, Y.
 1986 *Leçons d'Apprentissage Symbolique Automatique*. Toulouse: Cepadues, Ed.
- LEONARD, R.D.; JONES, G.T. (eds.)
 1989 *Quantifying Diversity in Archaeology*. Cambridge University Press.
- LEVESQUE, H.
 1984 «Foundations of a functional approach to Knowledge representation». *Artificial Intelligence*, 23: 155-212.
- LINDSAY, R.
 1988 «Images and Inference». *Cognition*, 29(3): 229-250.
- MEDIN, D.; ORTONY, A.
 1989 «Psychological Essentialism», en *Similarity and Analogical Reasoning*. Edited by S. Vosniadou and A. Ortony. Cambridge University Press.
- MICHALSKI, R.S.
 1980 «Knowledge acquisition through conceptual clustering: a theoretical framework and algorithm for partitioning data into conjunctive concepts». *International Journal of Policy Analysis and Information Systems*, 4(3): 219-243.
- MICHALSKI, R.S.
 1983 «A Theory and Methodology of Inductive Learning». *Artificial Intelligence*, 20: 111-161.
- MICHALSKI, R.S.
 1989 «Two tiered concept meaning, inferential matching and conceptual cohesiveness». *Similarity and Analogical Reasoning*. Edited by S. Vosniadou and A. Ortony. Cambridge University Press.
- MILLER, G.A.; JOHNSON-LAIRD, P.
 1976 *Language and Perception*. Cambridge University Press.
- MINTON, S.; CARBONELL, J.G.; KNOBLOCK, C.; KUOKA, D.R.; ETZIONI, O.; GIL, Y.
 1989 «Explanation based learning: a problem solving perspective». *Artificial Intelligence*, 40: 63-118.
- MITCHELL, T.M.; UTGOFF, D.E.; BANERJI, R.
 1983 «Learning by experimentation: acquiring and refining problem solving heuristics». *Machine Learning. An Artificial Intelligence approach*, vol. I. Edited by R.S. Michalski, J.G. Carbonell, T.M. Mitchell. Los Altos (CA): Morgan Kaufman.
- MOSS, C.
 1989 «Artificial Intelligence and Symbols». *AI & Society* 3(4): 345-356.
- MURPHY, G.C.; MEDIN, D.L.
 1985 «The role of the Theories in Conceptual Coherence». *Psychological Review*, 92: 289-316.
- NAGAO, M.
 1985 «Strategies for Human-like Image understanding Systems». *Cognitiva 85. Symposium Proceedings*. Paris: Cesta-Afctet.
- NEWELL, A.
 1982 «The knowledge level». *Artificial Intelligence*, 18(1):97-129.

- NIEMANN, H.
1988 «Classification. New challenges to an old problem». *Classification and Related Methods of Data Analysis*. Edited by H.H. Bock. Amsterdam: North Holland.
- OSHERSON, D.N.
1987 «New axioms for the contrast model of Similarity». *Journal of Mathematical Psychology* 31:93-103.
- OSHERSON, D.N.; SMITH, E.E.
1981 «On the adequacy of prototype theory as a theory of concepts». *Cognition* 9(1): 33-58.
- PARSAYE, K.; HANSSON, O.
1987 *Discovering Knowledge from large databases*. Intelligence Ware Technical Report.
- RAAB, M.; GOODYEAR, A.C.
1984 «Middle Range Theory in Archaeology: a critical review of origins and applications». *American Antiquity* 49(2): 225-268.
- RIPS, L.
1989 «Similarity, Typicality and categorization». *Similarity and Analogical Reasoning*. Edited by S. Vosniadou and A. Ortony. Cambridge University Press.
- RITCHIE, G.
1980 *Computational Grammar*. Brighton: The Harvester Press.
- ROSEN, R.
1987 «On the scope of syntactics in Mathematics and Science», en *Real Brains, Artificial Mind*. Edited by J.C. Casti and A. Karlqvist. Amsterdam: North Holland.
- SAMMUT, C.; BANERJI, R.B.
1986 «Learning concepts by asking questions». *Machine Learning. An Artificial Intelligence approach*, vol. II. Edited by R.S. Michalski, J.G. Carbonell, T.M. Mitchell. Los Altos (CA): Morgan Kaufman.
- SCHIFFER, M.B.
1988 «The structure of Archaeological Theory». *American Antiquity* 53(3): 461-485.
- SCHOTT, M.J.
1989 «Diversity, organization and Behaviour in the Material Record». *Current Anthropology* 30(3):283-315.
- SHANKS, M.; TILLEY, C.
1987a *Re-constructing Archaeology. Theory and Practice*. Cambridge University Press.
- SHANKS, M.; TILLEY, C.
1987b *Social Theory and Archaeology*. London: The Polity Press.
- SHASTRI, L.
1988 *Semantic Networks: an evidential formalization and its connectionist realization*. London: Pitman.
- SMITH, E.E.; OSHERSON, D.N.
1989 «Similarity and decision making». *Similarity and Analogical Reasoning*. Edited by S. Vosniadou and A. Ortony. Cambridge University Press.
- SOWA, J.F.
1984 *Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine*. Reading (MA): Addison-Wesley.
- SNEATH, P.H.A.; SOKAL, R.S.
1973 *Numerical Taxonomy*. San Francisco: W.H. Freeman
- STEPP, R.E.; MICHALSKI, R.S.
1983 «Automated construction of Classifications: Conceptual clustering versus Numerical Taxonomy». *IEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. vol. 5(4): 396-409.
- STEPP, R.E.; MICHALSKI, R.S.
1986 «Conceptual Clustering of Structures Objets: A goal-oriented approach». *Artificial Intelligence*, 28: 43-69.
- TOURETZKY, D.S.
1986 *The mathematics of Inheritance*. London: Pitman.
- VAN HARMELEN, F.; BUNDY, A.
1988 «Explanation-based generalization=Partial Evaluation». *Artificial Intelligence*, 36: 401-412.
- VOGEL, C.
1988 *Genie Cognitif*. Paris: Masson.
- WATTENMARKER, W.D.; NAKAMURA, G.V.; MEDIN, D.L.
1988 «Relationships between Similarity-based Explanation and Explanation-based Categorization», en *Contemporary Science and Natural Explanation. Common sense conceptions of causality*. Edited by D. Hilton. Brighton: The Harvester Press.
- WINOGRAD, T.
1980a «What does it mean to understand language?». *Cognitive Science*, 4: 209-241.
- WINOGRAD, T.
1980b «Extended interface modes in Reasoning by computer models», en *Applications of Inductive Logic*. Edited by J. Cohen and M. Hesse. Oxford University Press.
- WINOGRAD, T.
1983 *Language as a Cognitive Process*, vol. I. Reading (MA): Addison-Wesley.

