

6. Programa VI: Sistema Experto

En un acercamiento preliminar, podríamos decir que un Sistema Experto es uno de los tipos canónicos en que se subdividen los sistemas orientados al conocimiento (*Knowledge Based Systems* o KBS) implementados en inteligencia artificial, conforme a un esquema genérico que podría discurrir más o menos como éste:

| Sistemas de Conocimiento | | | | |
|--------------------------|----------|--------------|-------------------|------------------------------------|
| Sistemas Expertos | Robótica | Planeamiento | Visión de máquina | Procesamiento del lenguaje natural |

Diagrama 5.3 - KBS

Un Sistema Experto es un artificio de computación que concentra la pericia y la experiencia conceptual de una o más personas en torno de un área generalmente estrecha del conocimiento. Ese *expertise* asume generalmente la forma de definiciones, relaciones, hechos especializados, algoritmos, estrategias y heurísticas sobre el ámbito que se trate. Su origen es por lo común el saber de sujetos humanos, pero lo mismo puede provenir de artículos, libros o datos experimentales.

Uno de los objetivos que se persigue en el diseño de uno de estos sistemas es el de arrojar transparencia en torno del conocimiento modelizado, sea en el plano formal o en el sustantivo. Las exigencias habituales que se imponen a los programas expertos son las siguientes:

- El sistema debe mejorar su performance en función del juicio crítico de conocedores que no necesariamente tienen que estar al tanto de sus detalles técnicos de implementación.
- El sistema debe utilizar métodos heurísticos y razonamiento simbólico por cuanto se presume que no existen (o no son practicables) los métodos algorítmicos para realizar la tarea que le compete en un área dada del conocimiento.

Entre los mitos que atraviesan la inteligencia artificial, hay varios que conciernen a los Sistemas Expertos; el más difundido de todos asevera que la finalidad de todo programa lógico es constituir uno de esos sistemas, para que las máquinas se comporten como especialistas suplentes en un dominio determinado del conocimiento. Se ha identificado, en otras palabras, el proyecto de la programación lógica con el de uno de los campos de la Ingeniería del Conocimiento, cuando lo cierto es que las técnicas de aquella no son todavía prevaletentes en esta disciplina, que utiliza mayoritariamente recursos de la computación convencional y muy en especial los lenguajes procedimentales. No todo programa lógico, entonces, está destinado a conformar uno de estos sistemas simuladores de inteligencia; los verdaderos Sistemas Expertos son contados y se aplican, en apariencia, a territorios de las prácticas disciplinares articulados de una manera especial, o quizá a conjuntos de prácticas de inferencia peculiares y circunscriptos.

Para ilustrar nuestro punto, cabe hacer una distinción entre los "expertos" y los "eruditos" humanos, dos categorías intelectuales cuyos atributos la imaginación académica a menudo entrecruza: un erudito es por lo común un conocedor extensivo de numerosos ámbitos del saber, si es que no de todos; un experto, por el contrario, es un especialista en profundidad en unos pocos campos del co-

nocimiento, si es que no en uno solo. Los eruditos constituyen una especie en extinción, de pro genie europea y de cronología más bien finisecular; en antropología un erudito clásico podría haber sido, digamos, Sir James Frazer. Los expertos, correlativamente, son una especie expansiva de especialistas, más de una vez asociada conceptualmente a los tecnócratas; un ejemplar representativo podría haber sido Ward Goodenough, (quien nunca dio impresión de dominar más que unas pocas temáticas relacionadas con el significado y la categorización) o el recientemente fallecido Raoul Naroll, personajes impensables en la Europa de fines de siglo. En computación la alternativa es muy clara: con el nivel actual de tecnología, ninguna máquina podría modelar el conocimiento universal de un erudito, hecho de entradas enciclopédicas y heterogéneas, y que se manifiesta en expresiones de un elevado gradiente estético; pero podría esperarse que el saber de un experto, igualmente masivo pero concentrado en unos pocos puntos, se preste dócilmente a la formalización.

Existen, entonces, los sistemas computacionales *expertos*, que concentran lo que un fenomenólogo llamaría "conocimiento de receta" o lo que un positivista consideraría "procedimientos operacionales", siempre en relación con un campo acotado del saber. No existen, ni es probable que lleguen a existir jamás, los sistemas computacionales *eruditos*, concentradores de un saber que vale por su profusión o por su capacidad de desviarse al vuelo para traer a colación asuntos tenuemente ligados. Como luego veremos, los Sistemas Expertos, según una tendencia de aceptación creciente, pueden llegar a subsumir diversos ámbitos del saber utilizando mecanismos de inferencia relativamente uniformes; pero no lo hacen en forma simultánea, sino aplicándose a un campo del conocimiento a la vez y desarrollando en su interior inferencias de un tipo determinado.

Esta tipificación nada tiene que ver con un presunto límite disciplinar, impuesto por el carácter difuminado de los datos o por la abundancia de las ambigüedades: por el contrario, existen numerosísimas técnicas relativas a procesos de inferencia mediante razonamiento inexacto, y es de prever que se desarrollen muchas más en los próximos años, como se verá más adelante. Nada hay en nuestra ciencia en particular que se pueda reputar privilegiadamente irreductible.

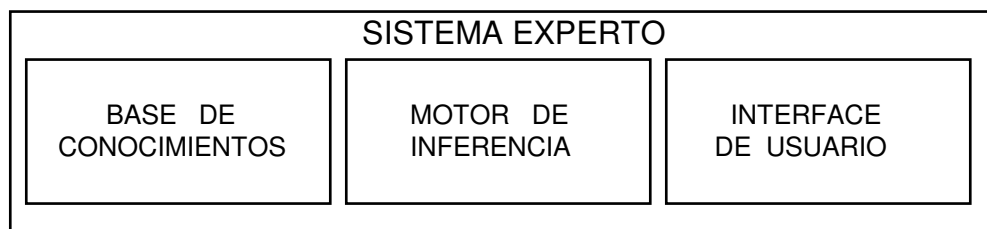


Diagrama 5.4 - Componentes de un SE

No es oportuno abundar en lo que todos los libros repiten: los Sistemas Expertos (en adelante, SE) combinan una *representación del conocimiento* con una *máquina o motor de inferencia*, reiterando a un nivel más alto el esquema estructural del Prolog que separa los *hechos* de las *reglas*. Con el agregado de una interface orientada al usuario (y que puede ser construida por medio de predicados procedimentales o extralógicos) se completa una estructura que en todas partes tiende a ser la misma, por más que varíen los matices y objetivos. Los objetivos pueden ser modelizar la forma en que piensan los expertos, diseñar un modelo de la forma en que deberían pensar, representar abstractamente un "tercer mundo" de conocimiento no subjetivamente ligado, o sólo plasmar un programa eficiente de computación que iguale o supere la competencia de un experto humano.

En la medida en que un motor de inferencia comporta algo así como un procedimiento mecánico de cálculo lógico, existe algún precedente histórico de los motores de inferencia en las máquinas y diagramas lógicos desarrollados durante siglos por una multitud de estudiosos, desde Ramón Llull hasta Charles Sanders Peirce, pasando por el "demostrador" de Stanhope y el "logógrafo" de Gerrit Mes (cf. Gardner 1985). El cuadro del diagrama 5.5 elabora esa serie e insinúa su carácter progresivamente restricto.

| Diseñador | Fecha | Máquina o Diagrama Lógico |
|----------------------|-------|------------------------------------|
| Ramón Lull | 1274 | Ars Magna |
| Charles Stanhope | 1816 | Demostrador |
| William Hamilton | 1866 | Cuantificación de Predicados |
| William S. Jevons | 1869 | Alfabetos y Máquinas Lógicas |
| Allan Marquand | 1881 | Diagramas y Máquinas Lógicas |
| Henry Cunynghame | 1882 | Tarjetas Lógicas |
| Alexander Macfarlane | 1885 | Espectros Lógicos |
| Lewis Carroll | 1886 | Juegos de Lógica |
| John Venn | 1894 | Diagramas de Venn |
| Charles Peirce | 1897 | Grafos Existenciales |
| Benjamin Burack | 1936 | Máquina Lógica Eléctrica |
| Gerrit Mes | 1960 | Logógrafo, Regla de Cálculo Lógica |
| A. Newell & H. Simon | 1962 | General Problem Solver |
| Varios | 1970 | Shells y Máquinas de Inferencia |

Diagrama 5.5 - Genealogía de los Motores de Inferencia

En la actualidad los motores de inferencia, pese a su nombre alquímico, son simplemente procedimientos heurísticos para ordenar la búsqueda, minimizar la incógnita y estructurar el proceso de pregunta, diagnóstico o demostración de hipótesis, que reproducen, modelizan o se inspiran en la conducta de un conocedor humano. Curiosamente, los sistemas actuales son, en lo que a esta reproducción respecta, menos ambiciosos y menos fantásticos que los que se planearon antes de que la tecnología estuviera en condiciones de llevarlos a la práctica.

Esa reproducción no es, en general, un proceso funcionalmente equivalente al pensamiento que responda a una construcción hipotética sobre la mente humana (y que se conforma mal o bien al paradigma de la "caja gris"), sino una dinámica que se construye a partir de las operaciones conceptuales que el experto humano *efectivamente* realiza y que se debe elicitar. La elicitación ha demostrado ser, de hecho, una especie de mapa de nuestra ignorancia respecto de la estructura y la dinámica del pensamiento. El punto más delicado del diseño de sistemas de este tipo, entonces, tiene que ver con la obtención de información sistemática acerca de la forma en que opera o cree operar el experto en relación con su objeto; una forma de operar que no equivale, necesariamente, a un "modelo de la mente" de ese experto, aunque determinados formalismos pensados para cubrir esa finalidad (redes, *frames*, grillas de repertorio) han demostrado ser útiles para expresar los resultados de ese relevamiento.

Si el propósito de los SE (incidentalmente, la rama de la inteligencia artificial que experimenta el mayor éxito comercial en la actualidad) es el de reemplazar a los sabios humanos, probablemente los SE antropológicos no nos vayan a servir como tales hasta que pasen unos cuantos años. Y ello es así no tanto porque el saber acumulado en nuestra disciplina sea demasiado abundante y demasiado

facetado como para volcarlo a una máquina, sino porque la tecnología asociada a los sistemas expertos no está orientada al saber "en general", sino a cierto *expertise* particular que tiene que ver más que nada con las operaciones clasificatorias, con la organización de los significados y con la diagnosis. Trasplantar a un disco magnético una masa enciclopédica, una "sabiduría" amorfa, frazeriana, no tendría sentido: la inteligencia artificial -ya lo hemos dicho- hace mucho tiempo que no promueve esas quimeras.

Nadie pretende reemplazar al experto humano en todas sus funciones intelectuales, ni usar al SE como sucedáneo suyo allí donde resulte más económico, o cuando no haya más remedio: ni los aspectos financieros de la inversión, ni la precisión milimétrica, ni la urgencia al segundo suelen ser variables críticas de la investigación antropológica, como lo son, por ejemplo, en prospección de minerales, en detección de fallas en tiempo real o en diagnósticos de enfermedades virósicas, que son las áreas en las que los sistemas expertos responden a esa pretextación. A nuestro juicio, el diseño de SE en antropología debe perseguir otros objetivos; el más importante de éstos no es tanto el educto de operaciones de clasificación y diagnosis en una tarea determinada, sino lo que el diseño del SE revela sobre los procedimientos implícitos y sobre los supuestos previos del estudioso en el momento de elicitar, adquirir formato computacional y ponerse a funcionar. En la epistemología que patrocinamos, el SE constituye es menos un artificio mecánico que una herramienta de autorreflexión.

No pretendemos sentar cátedra sobre los Sistemas Expertos en general; ya se han escrito demasiados buenos libros y artículos al respecto como para complicarnos aquí en un mal resumen (Buchanan y Shortliffe 1985; Johnson y Keravnou 1986; Cordier 1984; Vandeginste 1987). Pero dado que esta es un área de crecimiento espectacular en numerosas ciencias, alguna mención habrá que hacer, y no ciertamente una mención de compromiso: una vez más, la inteligencia artificial satisface la exigencia de un antropólogo que pensaba poner en jaque a la emulación antropológica de las ciencias duras postulando una analogía entre las operaciones interpretativas del antropólogo (derivadas de la *thick description*) y las inferencias clínicas: una capacidad de la mente enjundiosamente cualitativa, sedimentada por la comprensión, el sentido común y la experiencia (Geertz 1987)⁴.

Un SE es nada menos que un dispositivo lógico que realiza diagnósticos o generalizaciones en el interior de casos en función de inferencias clínicas practicadas sobre indicios no siempre sistemáticos ni exactos. Pero a diferencia del antropólogo interpretativo que Geertz nos impusiera como el desideratum disciplinar, se trata de un dispositivo que, aún en el peor de los casos, es capaz de "explicar" sin antropomorfismo alguno cuáles fueron los pasos tras los que llegó a determinadas conclusiones, por qué promovió ciertas hipótesis o interpretaciones en lugar de otras y en qué criterios se basó para producir determinado diagnóstico.

Lo que aquí nos interesa de los SE no es tanto la simulación futurista de un sabio humano a través de una máquina llamada a reemplazarlo, sino la estipulación reflexiva de las operaciones conceptuales que el antropólogo realiza en su trabajo habitual, concibiendo al sistema experto como el modelo correspondiente a ese proceso. Visto desde este ángulo, la tecnología de los SE se revela no sólo

⁴ No podemos omitir el hecho de que aún entre los partidarios de la antropología interpretativa, la "inferencia clínica" del propio Geertz (en tanto proceso de razonamiento que va desde la "descripción densa" a la interpretación) está amplia y quizá definitivamente desacreditada (cf. Vincent Crapanzano, "Hermes' Dilemma: The Masking of Subversion in Ethnographic Description" y Paul Rabinow, "Representations are Social Facts: Modernity and Post-Modernity in Anthropology", ambos artículos publicados en J. Clifford y G. Marcus [eds.], *Writing Culture*, Berkeley, University of California Press, 1986).

como un método de aborde de la antropología con referencia a un objeto (aborde que siempre será, con esta tecnología, de tipo lúdico u oracular), sino como una práctica de esclarecimiento del propio antropólogo con respecto a las premisas de las que parte, a los criterios en que se funda y a los procesos de inferencia que desarrolla. No importa tanto entonces que los SE se integren a la práctica profesional de rutina y que difundan en los enclaves periféricos el saber concentrado de los sabios de las metrópolis; lo esencial es que se los construya (aunque no se los acabe), y que en este proceso el estudioso reflexione sobre sus propias construcciones conceptuales, mejorándolas si ello se demuestra posible.

| Sistema Investigador, Sitio | Esquema | Uso |
|--|---|--|
| MYCIN E. Shortliffe Universidad de Stanford | Reglas | Diagnos de infecciones microbianas |
| PROSPECTOR P. Hart - R. Duda SRI International | Reglas y redes asociativas particionadas | Predicción de sitios con yacimientos minerales |
| PIP S. Pauker - P. Szolovits MIT | Frames | Nefrología |
| INTERNIST-I J.D.Myers - H. D. Popple Universidad de Pittsburgh | Esquemas tipo frame | Diagnos de medicina interna |
| CADUCEUS J.D. Myers - H. D. Popple Universidad de Pittsburgh | Red causal-taxonómica | Diagnos de medicina interna |
| CASNET S. Weiss - C. Kulikovski Universidad de Rutgers | Red causal-asociativa | Control a largo plazo de enfermedades conocidas |
| ABEL W. Schwartz-P.S. Patil Universidad de Tufts | Redes causales a diferentes niveles de abstracción | Diagnos de desórdenes ácido- básicos y electrolíticos |
| NEOMYCIN W. Cancley - R. Letsinger Universidad de Stanford | Reglas, metarreglas y estructuras de tipo frame | Razonamiento diagnóstico para estudiantes |
| CRIB F. George - T. R. Addis U. de Brunel | Esuqme de frames sobre base de datos relacional | Fallas en software y hardware de computadoras |

Diagrama 5.6 - Sistemas Expertos

De hecho, los mejores sistemas expertos, los que han promovido los diagnósticos más ejemplares, los que han ganado el respeto de los analizadores de carne y hueso, han surgido, aunque duela a los hermeneutas, en las ciencias médicas, que era donde Geertz creía que la abducción dominaba soberana: los nombres de logiciales puramente mecánicos como MYCIN, PIP, INTERNIST-1, CADUCEUS, CASNET, ONCOCIN, PUFF, ABEL, y NEOMYCIN han ganado justa celebridad en la profesión. Un viejo obstáculo ha llegado a disolverse por obra del trabajo, no tanto mecánico como humano: la incertidumbre (como el caos en física) es, a fin de cuentas, algo muy preciso, definido y

tratable. Lo que importa no es de ningún modo minimizar o abolir la incertidumbre, sino expresarla con suficiente propiedad.

No hay que temer que el saber antropológico sea esquivo a la fijación, ni que nuestras inferencias sean demasiado complejas para la máquina. Esos pretextos (bien lo sabía Croce) a menudo encubren otros temores; el conocimiento antropológico, mal que nos pese, no tiene ni un estatuto humano, ni una masividad, ni una estructura que lo tornen, valga la redundancia, especialmente especial. Como ha llegado a saberse sobre una base forzosamente sistemática, lo que pasa por ser su forma peculiar de *inquiry* poco conserva de esotérico: lejos de ser un milagro inefable que deja un amplio margen a la subjetividad y a la intuición, la inferencia clínica resulta ser, en cualquier ámbito de aplicación habitual, un procedimiento más bien rutinario, pautado y mecánico. Bajo la única y estricta condición de que se trate de un saber conexo, concentrado en un campo reducido de especialización científica, el conocimiento experto siempre resulta ser, aún en condiciones adversas de comprensión de los mecanismos subyacentes a los fenómenos a que se aplica, expresable en sí mismo, comunicable a otros estudiosos y enumerable en una cantidad restringida de cláusulas.

Los mejores sistemas se encuentran en actividad ininterrumpida desde hace unos años y han servido de modelos y arquetipos para la puesta a punto de los formalismos de representación del conocimiento que ya hemos revisado. En el diagrama 5.6 se incluye el inventario de algunos de los Sistemas Expertos más conspicuos de la primera y segunda generación de KBS (en la actualidad se va por la tercera, y hay quien dice que por la cuarta), con las necesarias referencias a sus investigadores responsables, formalismos de base, utilización y organismo institucional en que se han desenvuelto.

El diagrama de marras debe interpretarse como un testimonio crítico en una situación polémica, más que como una referencia neutral en un discurso equidistante. La posibilidad de sistematizar el saber de los expertos ha sido negada al menos en tres ocasiones por otros tantos pensadores a quienes la comunidad profesional ha acordado un inexplicable carisma. En una celebrada compilación de artículos que predicaban la "crisis de la razón" en plena era de revolución computacional, escribía Carlo Ginzburg, refiriéndose a la inferencia clínica y al juicio experto:

Se trata de formas de saber tendencialmente mudas (en el sentido de que, como hemos dicho, sus reglas no se prestan a ser formalizadas y ni siquiera dichas). Nadie aprende el oficio de conocedor o de la diagnosis limitándose a poner en práctica reglas preexistentes. En este tipo de conocimiento entran en juego (como se dice habitualmente) elementos imponderables: olfato, golpe de vista, intuición (Ginzburg 1983:98).

Juicios como estos son ejemplares de una especie. Hace unos pocos años, uno de los patriarcas de la semiótica, Thomas Sebeok, comparó en un pequeño libro muy apreciado la abducción peirceana con los métodos detectivescos de Sherlock Holmes. Tras una prolija purga contextual, en la que se escamotean las delicadas fundamentaciones lógicas que el propio Peirce otorgara al concepto, Sebeok acaba caracterizando la inferencia inductiva como "la más sorprendente casi de las maravillas del universo", "un privilegio divino", "un relámpago" y "el más alto de los poderes puramente intuitivos" (Sebeok y Umiker-Sebeok 1987). Más recientemente aún la abducción se ha convertido en el proceso mental más celebrado del paradigma oscurantista del "pensamiento débil" posmoderno, y, presintiendo dividendos comparables a los de su novelística, Umberto Eco se ha unido a la causa de la conjetura don invulnerable al análisis.

Necesario es protestar, pues si algo es claramente mentira, es precisamente esto. La mudez de los expertos sólo es, bien mirado, sordez de los sabios interesados en formular métodos que, como la "descripción densa" geertziana o la "*serendipity*" de los antiguos, tal vez no convenga que sean repli-

cables. Los elementos imponderables a los que se alude despiden el tufillo iniciático, Zen, que acompaña a quienes se creen depositarios de un talento interpretativo difícil de transmitir, por cuanto su saber no se conforma a un método. La *competence* indiciaria, en suma, es, según esta idea, prerrogativa de cierta clase de genios. Lo curioso es que entre quienes la sustentan nadie se ha tomado la molestia de verificarla: lo único que la mantiene en pie es un dictamen autoritario, un prejuicio que prescribe que las cosas deben ser así porque al serlo otorgan a la escritura estetizante seducción, plausibilidad y conveniencia.

Para quienes creen que la mejor demostración del movimiento consiste en andar, no hay mejor prueba de la ruina del paradigma indiciario de Ginzburg-Sebeok-Eco-Geertz que la existencia de modelos formales que sistematizan casualmente las operaciones intelectuales que ellos habían reputado imposibles de comunicar a otros humanos, ni que hablar de las máquinas. Alguna vez habría que poner sobre el tapete el costado ético de este triste asunto: la tenebrosa historia de los líderes de opinión que se dan el lujo de ignorar territorios enteros del trabajo humano y que, en su soberbia, dictaminan como irrealizable lo que otros profesionales vienen realizando desde hace años.

No sólo la inferencia clínica había resultado ser a fin de cuentas un procedimiento mecánico, sino que la propia documentación del conocimiento experto es un momento de la investigación que se confía cada vez más frecuentemente a las máquinas, al punto que el mercado de los sistemas expertos está poblándose de elicitadores automáticos que, en el nivel actual del desarrollo tecnológico, se estiman varios órdenes de veces preferibles a métodos "salvajes y confusos" tales como la entrevista o la introspección. Aunque la antropología no haya tomado nota de estos progresos, el relevamiento del *expertise* ya es una ciencia aparte, con su folklore, sus jornaleros y sus pontífices (cf. Parsaye 1988; Boose 1984; Rolandi 1986).

La elicitación automática del conocimiento se remonta a la invención de un método de representación, las "grillas de repertorio", a las que ya hemos revisado en el apartado correspondiente, y a la observación respecto de que la psicología de los constructos personales de G.A. Kelly podía adaptarse a los requerimientos de implementación de sistemas expertos. B.R. Gaines y R.L. Shaw formularon y testearon una serie de métodos para representar los constructos personales mediante grillas de repertorio y produjeron un conjunto de programas experimentales, el más conocido de los cuales resultó ser PLANET (Shaw 1982).

Exploraciones ulteriores por cuenta de otros estudiosos -y que redundaron en la confección de programas de relevamiento automático como el ETS de John Boose- demostraron que las grillas de repertorio se prestaban mejor a tareas de análisis que a procesos de síntesis. A partir de observaciones como ésta, la carrera por construir esos logicales (que unos pocos años atrás habría sonado extravagante) se aceleró: Boose implementó el programa AQUINAS, que utiliza grillas jerárquicas; Parsaye y Murphree diseñaron el Auto-Intelligence System, que incorpora técnicas de inducción; y Kahn, Nowland y McDermott dieron a conocer el MORE, un sistema que ayuda a perfeccionar bases de conocimiento ya existentes. Una de las últimas novedades importantes en este terreno es el SALT, quizá el primer método de adquisición automática de conocimientos capaz de manejar la síntesis con tanta soltura y propiedad como el análisis (Parsaye 1988).

¿A qué viene todo esta jerga robótica cuando de antropología se trata? Indudablemente, no *todo* el conocimiento antropológico es susceptible de relevarse de manera automática, empleando para tal fin el SALT, el MORE y el AQUINAS o algún otro producto similar. En otras palabras, no todo el conocimiento del experto humano en antropología está estructurado de tal manera que un procedimiento mecánico de elicitación resulte más efectivo que una mayéutica informal. Pero esto no consti-

tuye una enfermedad específicamente disciplinar. Lo mismo puede decirse del conocimiento geológico, de la tecnología de detección de fallas industriales o de la medicina: los sistemas expertos se han aplicado en estas áreas sólo en relación con operaciones de inferencia de un tipo restringido, concernientes a la clasificación, la tipología, la diagnosis o la prognosis, operaciones que la connotación lingüística diferencia pero que desde el punto de vista formal comparten un núcleo idéntico. Operaciones, además, que los teóricos de la abducción tuvieron el mal tino de escoger como paradigmática para llevar agua al molino del irracionalismo.

En antropología, clasificación y diagnosis son operaciones conceptuales que se reiteran a lo largo de campos tan diversos como la ergología, la identificación de estilos artísticos, la organización categorial de los archivos comparativos, la determinación de fenómenos patológicos en restos óseos, la denominación de un pariente, la reproducción de las estructuras de las taxonomías *emic*, la caracterización pautada de conductas y así hasta el infinito. Los sistemas expertos programados hasta hoy son sin duda perfectibles, y todavía se está en espera de una tipología de las inferencias precisas que admiten una formalización óptima y de las que escapan a todo esquema; pero por lo menos son ya capaces de insinuar al especialista la naturaleza formal de ciertas actividades suyas y hasta de demostrarle que, en determinados menesteres, el humanista humano es apreciablemente menos intuitivo y caprichoso de lo que cree.

La potencia y el número de los formalismos que se han inventado no bastan todavía para generar ninguna homogeneidad ideológica. En materia de diseño de sistemas de conocimiento prevalecen dos tendencias contrapuestas y una tercera, intermedia (cf. Walker 1987:5-7), en una dinámica de oposiciones que evoca las querellas entre el sustantivismo y el formalismo en antropología, o entre el monismo y el pluralismo en lógica.

- 1) La primera tendencia, propuesta como *tesis*, establece que es posible implementar métodos generales de resolución de problemas, que esos métodos pueden hacerse operativos en sistemas de computación y que se pueden aplicar a diferentes (o a cualesquiera) ámbitos de problematicidad en cualquier ciencia o práctica imaginable. Implícita a esta tesis es la idea de que los aspectos procedimentales en la resolución de un problema son independientes del problema que se trate. Esta ponencia es históricamente la más antigua, y es la que impulsó algunas de las indagaciones pioneras de la psicología cognitiva y la inteligencia artificial, como el *Logic Theorist* de Newell, Shaw y Simon, escrito hacia 1956 (y presentado en la misma conferencia en la que John McCarthy acuñó el término "inteligencia artificial"), o el *General Problem Solver* de Newell y Simon, a comienzos de los años 60.
- 2) La segunda postura, que podríamos llamar la *antítesis*, afirma que la generalidad es imposible; lo que corresponde hacer es capturar el conocimiento humano y los procedimientos específicos a cada ámbito de aplicación. Algunos sistemas expertos reconocidos (DENDRAL, Meta-DENDRAL) obedecen a esta premisa, que ha sido defendida con peculiar énfasis por Edward Feigenbaum, de Stanford.
- 3) Una tercera propuesta, que Walker ha definido como *síntesis*, consiste en tomar el camino medio entre los dos extremos: la idea básica es que muchas tareas (léase muchas disciplinas, campos o áreas de investigación) poseen requerimientos en común, expresables en un núcleo de procedimientos o *shell*, al cual se pueden agregar especificaciones que lo adaptan a las esferas particulares o a las idiosincrasias de cada disciplina.

Nuestro modelo adscribe a una versión "generalizadora" de la síntesis, que es la que ha demostrado la viabilidad de *shells* o motores de inferencia que se venden en el mercado para adjuntarlos al tratamiento de bases de conocimiento sumamente disímiles en contenido sustantivo, pero de todas maneras basadas en unas pocas estructuras de representación.

Hoy en día, los *hackers* y los piratas de *software* intercambian *shells* de KBS como si fueran monedas de colección, y los sistemas para elicitar el saber experto se ofrecen masivamente en las revistas especializadas (*AI Expert, Artificial Intelligence*), prometiendo un descuento a quien envíe el cupón antes de fin de mes. El comprador puede escoger entre distintas vías que conducen a lo mismo: redes neuronales, programación lógica, programación orientada al objeto o sistemas gráficos. La visión antitética que proclama la localidad del conocimiento (otro sueño geertziano, reflejo de una concepción individualista y aristocrática del trabajo de pensar) cae por tierra ante la materialidad de los hechos. No hay tal cosa como el conocimiento local, específico de cada círculo de fenómenos, in-comunicable de un científico a otro y de reproducción prohibida a través de un método: diferentes disciplinas cifran su diferencia en combinaciones estructurales no demasiado idiosincráticas de operaciones y representaciones que siempre son, en última instancia, las mismas.

Problemas y programas

El programa que aquí se ofrece para representar el tipo es un sistema experto simple con una interface amplia y ceñida, cuyo encadenamiento de reglas pretende estar articulado plenamente a prueba de trampas a través de metarreglas de exclusión y similitud. En esta versión, las posibilidades de inferir correctamente una solución depende, por supuesto, de que las respuestas que el usuario entregue sean correctas. Pero no sería descabellado implementar unas cuantas estrategias capaces de percibir que el interlocutor humano está jugando sucio y abortar consecuentemente el engaño. Se ha presupuesto una lógica lineal, aristotélica y bivalente, por lo que de antemano quedan descartados todos los conjuntos difusos y las estructuras de prototipos, aunque el juego de la consulta tolera el probabilismo. No obstante, el dominio de aplicación del programa no está delimitado y los datos sustantivos bien podrían ser otros, ya que la base de conocimientos se encuentra separada de la batería de reglas de inferencia. Incidentalmente, un grupo de psiquiatras en el que participa nuestro conocido doctor Agustín Siedi, ha sacado de este mismo programa un enorme provecho, pese a que el mismo fue realizado sin tener en cuenta esa especialidad de aplicación.

Veamos miembro a miembro algunas características del sistema, comenzando por la estructura de datos (o base de conocimientos) y siguiendo después por la estrategia lógica (o motor de inferencia), para acabar con la interface de usuario. En un sistema experto es común que los datos sean reglas de producción; en este ejemplar, dichas reglas acomodan tajadas de conocimiento en forma de expresiones condicionales. A tal fin se han dispuesto tres configuraciones primarias; una que tipifica reglas básicas (la entidad A es B si se dan las condiciones número X, ..., Z), otra que detalla los contenidos de cada condición (la condición número X consiste en la característica P), y una tercera, opcional, que detalla consecuencias de las reglas (si B, entonces Q). Las consecuencias pueden también interpretarse como comentarios (por ejemplo, "según la caracterización del científico X"), asignables a cualquier nivel de análisis. Dado que A y B son posiciones relativas de clase y ejemplar, el ejemplar de una clase puede jugar luego como clase con respecto a otro plano de detalle, hasta la profundidad de inclusión que haga falta. Procedimientos especiales permiten tejer, por añadidura, metarreglas que definen exclusión mutua ("tiene forma de urna" excluye a "posee forma de puco o kero") y parecidos, equivalencias conceptuales o aires de familia ("proviene de los

Valles Calchaquíes" se asemeja a "se origina en la región Valliserrana"). Unas y otras metarreglas se apiñan en tantos conjuntos como se quiera, siendo posible definir simultáneamente las mismas condiciones como engranadas en uno y otro tipo.

Hasta aquí, la plasticidad de la representación está dada por una libertad total para enumerar la cifra y la índole de las condiciones y las metarreglas, y para estipular definiciones alternativas, total o parcialmente solapadas, complementarias, conexas, inconexas e incluso contradictorias. No sabemos hasta hoy de ningún tipo de saber experto que no admita predicarse de este modo, cuando su matriz accede a ser tan elástica; el conocimiento antropológico, por lo que sabemos, nada presenta de estructuralmente peculiar que ofrezca resistencia a modalidades tan adaptables de descripción.

Desde el punto de vista lógico, el programa despliega lo que podría llamarse encadenamiento hacia atrás, conjetura o abducción, pretendiendo probar determinada hipótesis (en principio, la primera que encuentra que corresponda al dominio escogido) y solicitando al interactivo humano que le responda si se dan las condiciones que definen al caso. Las respuestas del operador van determinando que el sistema opte por las ramas no negadas del árbol que acomoda, implícitamente, todos los casos en un universo ordenado por las mismas condiciones que los describen. Pese a que la lógica subyacente es más bien convencional, se ha implementado una sencilla prestación probabilista, ya que se admite que las respuestas del usuario incluyan posibilidades, junto a las clásicas contestaciones por sí o por no. El interlocutor humano puede escoger entre evaluar cualitativamente la magnitud de la posibilidad-probabilidad-confianza o asignar una cifra a esa evaluación. Antes de decidir su respuesta, el usuario puede requerir al sistema que explique qué es lo que está tratando de demostrar y que enumere ordenadamente qué es lo que cree que ya lleva demostrado.

El sistema ha sido pensado como una interface integral para representar conocimientos, analizar su configuración semántica, comparar estructuras representacionales y obtener diagnósticos de caracterización. En este sentido incluye rutinas estructuradas de ingreso de conocimientos que asignan dinámicamente números de condiciones que se agregan sin redundancia a las que ya pudieran estar activas en la memoria. Aunque no se trasluzca de inmediato, la estructura que ordena el dominio puede ser cualquiera, ya que el usuario decide la naturaleza y la cantidad de las condiciones de cada entidad, los contenidos de las definiciones alternativas, la sustancia semántica de los casos y la forma en que se subsumen (o no) en una jerarquía o en un campo de similitudes o contraposiciones heterogéneas. Una vez introducidos los casos, se puede requerir el mapeado del dominio, analizar los criterios que se han instrumentado para diferenciar las categorías, comparar los atributos de todas o de algunas de las entidades que conforman el universo o realizar un proceso de diagnóstico, situándose en cualquiera de los nodos que articulan el conjunto. Está abierta la posibilidad de modificar la base de conocimientos sin interrumpir el programa y de archivar (o no) las modificaciones a título permanente.

El programa capta cuando dos o más entidades comparten una misma condición y unifica la regla correspondiente, ya sea que se esté introduciendo información o realizando una búsqueda; del mismo modo, el manejo de las negaciones es lo que se llamaría "inteligente": el sistema pregunta por la versión positiva de la aserción y elimina de antemano las entidades que se caracterizan por reglas que niegan las que se han definido como correctas en el ejercicio de un diagnóstico. Aunque la comparación interna del programa falle en reputar dos cláusulas de distinta escritura como una expresión de la misma idea, tal hecho no altera la precisión del diagnóstico; de todas maneras, es posible estipular después la igualdad semántica de las reglas diferentemente vertidas.

También se ha instrumentado una sencilla interface que finge habilidades de lenguaje natural, a fin de que la interacción con el sistema sea menos monótona. La elección de frases alternativas por parte de la máquina es aleatoria, y echa mano de los recursos de randomización incluidos en el dialecto de Prolog. De esta forma, el "diálogo" con la máquina, si se lo quiere llamar así, ostenta cierta variabilidad lingüística, al tiempo que se esclarece, como sedimento de la misma interacción dialógica, la naturaleza conceptual de las preguntas a las que el usuario responde.

Como hemos dicho, se han coordinado múltiples rutinas para asertar metarreglas que definan, por ejemplo, conjuntos de condiciones excluyentes y de reglas similares. Las primeras evitan que el sistema pregunte condiciones que quedan excluidas ante una respuesta positiva anterior, mientras que las segundas proporcionan diagnósticos alternativos que se aproximan al asertado como verdadero. La aserción de una condición que excluya a otras tiene por efecto que automáticamente se poden las ramas del árbol de las que penden entidades cuya hipotetización sería contradictoria con los asertos realizados, reduciendo así el espacio de búsqueda y la extensión lineal de la consulta. El carácter interexcluyente o similar de uno o más conjuntos de condiciones se puede establecer, anular, conmutar o modificar sobre la marcha, permitiendo rigorizar o relajar, según se trate, los criterios que orientan la diagnosis. El sistema de metarreglas permite transformar la estructura de la representación inicial, haciendo que las reglas de producción expresadas como condicionalidades se comporten como *frames*. A tal efecto, la primera palabra de cada expresión condicional funcionaría como si fuera el nombre del *slot*; las condiciones cuyo nombre de *slot* sea el mismo son mutuamente excluyentes. Una base de datos que se construye en forma dinámica lista todas las expresiones gramaticales con que se inicia la descripción; el usuario puede decidir que todas o algunas de las condiciones que comiencen con esas palabras se interpreten como *no-slots*, de modo tal que aún cuando el primer símbolo coincida las respectivas reglas no serán consideradas excluyentes. Esta idea nos fue sugerida por el licenciado Pablo Bonaparte, y los resultados de esta estrategia han demostrado ser óptimos. La base de datos de expresiones gramaticales se puede ampliar o modificar, seleccionando los ítems a agregar o excluir mediante menús de configuración dinámica. Se puede probar incluso la variabilidad de la conducta del sistema testeando la conducta diagnóstica según criterios alternados, susceptibles de integrarse a diferentes visiones del mismo conjunto básico de condicionalidades. Modulando estos aspectos es posible tratar la base de conocimientos como un *frame* total, como un conjunto de reglas de producción o como una combinación de ambas estructuras, sin introducir modificaciones en la heurística.

Al lado de las prestaciones probabilísticas y de su correspondiente cálculo, que asigna un índice de posibilidad a los diagnósticos, el programa despliega un conjunto de indicaciones para el caso de que la diagnosis falle por insuficiencia de respuestas positivas. Señala las entidades que cumplen sólo algunas de las condiciones válidas e identifica aquellos ejemplares o clases que se le parecen. El uso de metarreglas de exclusión ocasiona que, ante la ausencia de entidades que correspondan a lo que la interacción determina, el sistema "se dé cuenta" muy rápidamente de que una interrogación más exhaustiva no daría lugar a ningún diagnóstico correcto. Pese a que la resolución es secuencial, el sistema finge una especie de simultaneidad. Se ha procurado asimismo que la consulta se efectúe sin introducir literales y frases cuya sintaxis pudiera no corresponder con las ristas que el programa aceptaría como coincidentes. Por ello toda la sesión de diagnóstico se lleva a cabo a través de menús que impiden cometer errores tipográficos. Con ello se soluciona el problema, siempre espinoso, de la falta de tolerancia de las máquinas frente a los deslices de la performance humana: el sistema es capaz de llegar a diagnósticos acertados aún cuando la caracterización descriptiva de las entidades esté sujeta a error.

La sesión de diagnóstico se puede interpretar al mismo tiempo como el objetivo experto del sistema o como una puesta a prueba de la adecuación, sistematicidad y exhaustividad descriptiva de la base de conocimientos. El proceso admite numerosas modalidades: la primera autoriza que el sistema realice incluso preguntas que quedarían anuladas por metarreglas de exclusión; la segunda activa esas reglas, dejando que las condiciones de los diagnósticos corridos con anterioridad permanezcan en la traza y puedan ser nuevamente recorridos; la tercera va podando los diagnósticos correctos a medida que se producen, disminuyendo la magnitud de los árboles de búsqueda en las pruebas subsiguientes. La poda del espacio de búsqueda es momentánea y secreta: el interactor vuelve a tener a mano los datos que necesita en cada sesión de diagnosis, en las consultas comparativas de descripciones y en la gestión de metarreglas, y siempre se entiende con la máquina en lenguaje natural.

Existe también la posibilidad de rastrear expresiones descriptivas a partir de palabras sueltas, que se pueden introducir con toda la variedad de mayusculización, acentos y diacríticos que se desee sin obstaculizar el hallazgo de los símbolos originales. El programa exhibe entonces, tras descomponer internamente las frases en componentes individuales o *tokens*, todos los descriptores que incluyen la palabra que se selecciona como clave. Complementan el diseño rutinas de edición de datos, de optimización del espacio de memoria, de impresión y de modificación del tamaño y color de las ventanas. Un archivo de ayuda de texto completo (incluido al final del apéndice) permite consultar en todo momento las propiedades del sistema y su forma de manejo.

Hasta la fecha el SE ha sido aplicado a un conjunto creciente de representaciones disciplinares, y aún estamos evaluando los alcances y límites de sus prestaciones. Hasta ahora ninguna clasificación, taxonomía, serie, escala, información textual, tipología o paradigma, *etic* o *emic*, le ha sido hostil, ni ha habido que retorcer las definiciones para adaptarlas a sus modalidades de insumo. Hemos llegado a incluir información no pautaada, en forma de descripciones más bien literarias, y aunque la economía de las mismas es menos efectiva (por la falta de redundancia) las operaciones de diagnosis igual llegan a término.

El listado agregado al programa reproduce una base de conocimientos extractada del texto de Alberto Rex González y José Pérez Gollán *Argentina Indígena. Vísperas de la Conquista* (Buenos Aires, Paidós, 1972); junto con un pequeño corpus linneano, más simétrico, éste nos ha servido para poner a punto los mecanismos del modelo. El conjunto de prueba describe (sin veleidades de exactitud arqueológica) unas veinte variedades estilísticas en base a poco más de ochenta expresiones condicionales, afectando apenas a un 2% de la capacidad de memoria. El *expertise* elicitado puede ser masivo: el sistema es capaz de acoger bases de conocimiento de hasta unos 384 mil caracteres, lo que equivale a un libro de unas 200 páginas; de más está decir que conjuntos de esa magnitud no abundan ni en la antropología ni en el saber clasificatorio y memorístico de nuestros expertos. De ser más extenso, el almacenamiento tratable podría llevarse teóricamente hasta el infinito disponiendo los datos en disco, al costo de una ligera mengua en velocidad.

Nuestro SE es, junto con el modelo de simulación, uno de los programas elaborados con soporte del Proyecto de Investigación y Desarrollo sobre Antropología e inteligencia artificial (CONICET, PID N° 401/ 89) que estamos dirigiendo actualmente. Anotemos al margen que el presente es quizá el primer núcleo de SE que se ha programado teniendo en cuenta el tratamiento de información antropológica y consolidando todas las garantías para que los procesos que se operan sobre ella no traicionen ni la categorización convencional, ni la profusión de matices, niveles de registro y riqueza de excepciones que parecen ser parte inseparable de nuestro saber. Hay algunas referencias sueltas al

uso de SE en arqueología por parte del grupo de Gardin, pero atañen a productos comerciales *ready-made* y no a desarrollos en función de un lenguaje, y menos aún de sistemas elaborados mediante lenguajes de programación lógica en los que la materia prima es la descripción del objeto.