NOTICIAS Y COMENTARIOS

EL SIGNIFICADO DEL TÉRMINO RELACIÓN EN LA BIBLIOGRAFÍA SOBRE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA [1]

A pesar de la notoria ambigüedad del concepto *relación* —no es una coincidencia que el adjetivo *relativo*, derivado de él, se utilice con frecuencia como sinónimo de *incierto*—, se trata de un término usado hasta la saciedad en el discurso habitual y todavía más, si cabe, en los textos que hacen referencia a la tecnología de manejo de bases de datos computadorizados. Por ello, en esta nota, pretendo reunir toda la información necesaria para que en lo sucesivo los usuarios de SIGs sepan interpretar correctamente el significado de este concepto.

Iniciamos el recorrido acudiendo a las definiciones que aparecen en tres diccionarios de carácter *general:* uno español, otro inglés y otro francés. A continuación abordamos la formulación *matemática* del concepto relación y sus inmediatas consecuencias. Finalmente, estudiamos los distintos significados de este término en los textos de *Informática* general y en los de manejo de bases de datos.

En la vigésima primera edición del Diccionario de la Lengua Española se recogen *doce significados* distintos de la voz relación, nueve de los cuales tienen un carácter genérico. Fácilmente se distinguen dos bloques semánticos fundamentales. En primer lugar, el sentido etimológico, latino: la relación es la acción, o el resultado, de *describir,* referir o referirse. En segundo término, el sentido moderno: la relación es la *conexión, correspondencia,* de una cosa con otra.

[1] La versión definitiva de esta nota recoge muchos comentarios y sugerencias de Joaquín Bosque, Emilio Chuvieco, Severino Escolano, Michael Gould, Pedro Reques y Vicente Rodríguez.

Estudios Geográficos
Tomo LIV, n.º 213, octubre-diciembre 1993

En *The American Heritage Dictionary* [2] se expresan *siete significados* genéricos del término *relation,* que se agrupan en torno a los mismos ejes semánticos, aunque, en este caso, el significado moderno es considerado en primer lugar.

El *Dictionnaire Usuel Illustré* [2] considera *tres significados*. En primer lugar se define el concepto *relation* en términos matemáticos, formales. A continuación se menciona el que hemos denominado sentido moderno. Por último se refleja el significado etimológico.

Como resultado de este examen llegamos a la conclusión de que junto al significado preciso, matemático, que analizamos en el siguiente apartado, la voz relación tiene dos acepciones fundamentales:

a) Acción de referir y su resultado. Es el significado clásico, aparentemente alejado de la tarea que nos ocupa, pero no tanto, ya que, por ejemplo, una relación determinada puede ser una lista de individuos u objetos.

b) Conexión, correspondencia entre objetos, normalmente dos o más, excepcionalmente uno (relaciones reflexivas).

Acerquémonos ahora al concepto matemático relación, que es «el responsable» de la existencia de sistemas de *bases de datos relacionales.*[3]

La definición de relación más genérica presupone la noción de *producto cartesiano de conjuntos.* El producto cartesiano de un conjunto A = {a, b, c, d} por sí mismo es el conjunto $AxA = A^2$ = {(a, a), (a, b), (a, c), (a, d), (b, a), (b, b), (b, c), (b, d), (c, a), (c, b), (c, c), (c, d), (d, a), (d, b), (d, c), (d, d)}.

El producto cartesiano del conjunto A = {a, b, c, d} por el conjunto B = {x, y, z} es el conjunto *AxB* = {(a, x), (a, y), (a, z), (b, x), (b, y), (b, z), (c, x), (c, y), (c, z), (d, x), (d, y), (d, z)}.

El producto cartesiano de los dos anteriores conjuntos por un tercero c =

---

[2] Flammarion et Quillet (1983): *Dictionnaire Usuel Illustré,* París, Flammarion et Quillet, 1.944 pp.

Houghton Mifflin Company (1982): *The American Heritage Dictionary,* Boston, Houghton Mifflin Company, 1.568 pp.

Real Academia Española (1992): *Diccionario de la Lengua Española,* Madrid, Espasa Calpe S.A., vigesimaprimera edición, 1.513 pp.

[3] Codd, E. F. (1970): «A Relational Model for Large Shared Data Banks», *Communications of the ACM,* vol. 13, n. 6, pp. 377-387.

{m, n}, denotado *AxBxC*, es el conjunto {(a, x, m), (a, x, n), (a, y, m), (a, y, n), (a, z, m), (a, z, n), (b, x, m), (b, x, n), (b, y, m), (b, y, n), (b, z, m), (b, z, n), (c, x, m), (c, x, n), (c, y, m), (c, y, n), (c, z, m), (c, z, n), (d, x, m), (d, x, n), (d, y, m), (d, y, n), (d, z, m), (d, z, n)}. El producto cartesiano de conjuntos (ver figura 1) no es conmutativo: *AxB* ≠ *BxA*, *AxBxC* ≠ *AxCxB*, por ejemplo. Ello significa que (a, b) ≠ (b, a), que (a, x) ≠ (x, a), o que (a, x, m) ≠ (a, m, x).

Llegados a este punto se puede demostrar que cualquier relación R entre varios, por ejemplo n, conjuntos C_1, C_2, C_3... y C_n es un subconjunto de su producto cartesiano:

$$R_{C1, C2, C3..., Cn} \subseteq C_1 \times C_2 \times C_3 \times ... \times C_n.$$

Si n = 1, la relación se denomina de primer grado o unaria —una relación unaria es una lista de elementos de un solo conjunto, que puede interpretarse como la *relación de identidad*—, si n = 2, binaria, si n = 3, ternaria, y así sucesivamente. Los conjuntos C_1, C_2, C_3... y C_n no tienen por qué ser distintos, lo que significa que pueden ser todos el mismo. De hecho, algunos autores sólo usan el término relación para referirse a los casos en que todos los conjuntos son uno mismo, y correspondencia en los demás casos. Nosotros, siguiendo a Codd, utilizaremos siempre el término relación, como es habitual en todas las publicaciones de informática.

Definamos ya una hipotética relación, R_1, en el conjunto *AxBxC (vid. supra)*, como el subconjunto de aquellas listas ordenadas de tres elementos, uno por cada conjunto implicado, que cumplen la condición de que su último elemento es m. También podemos definir R_1 recurriendo al listado (o relación, en su sentido clásico) de todos sus elementos, suprimiendo los paréntesis y las comas porque no son ya necesarios.

	R_1	
a	x	m
a	y	m
a	z	m
b	x	m
b	y	m
b	z	m
c	x	m

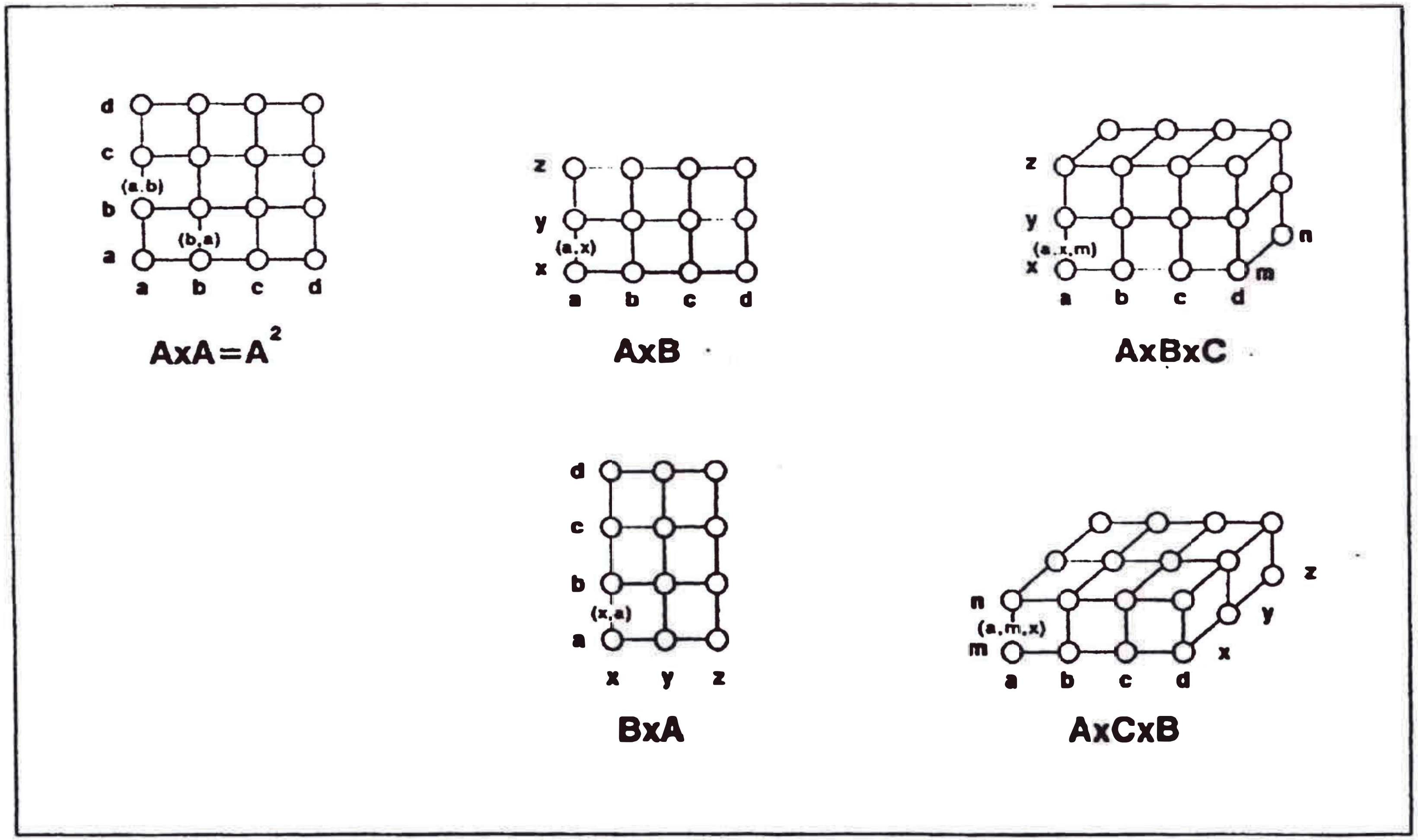

Figura 1.—*Producto cartesiano de conjuntos*

c	y	m
c	z	m
d	x	m
d	y	m
d	z	m

Llegamos así, de manera intuitiva, a la primera conclusión importante: toda relación puede definirse exhaustivamente mediante una tabla. Dicho con otras palabras: *una tabla es una relación.* Así se entiende que en la introducción de cualquier manual de uso de sistemas de bases de datos relacionales se defina a éstos como los sistemas que presentan al usuario todo su contenido en forma de tablas fácilmente manipulables. En el siguiente apartado volveremos a considerar este punto.

¿Qué interpretación puede tener esta hipotética relación R_1? ¿Qué significado tiene aquí la palabra relación? ¿Se aproxima este significado a alguno de los que hemos subrayado en el apartado anterior? Esta tabla es una lista (o relación, en su sentido etimológico) de los pares de elementos de los conjuntos A y B conectados al elemento m del conjunto C. ¿Qué significa conectado? ¿No están los elementos de cada par conectados entre sí? Los elementos de cada par están conectados entre sí, por supuesto, pero la expresión «estar conectado a» («estar en correspondencia con», «estar relacionado con», *vid. supra*), significa cosas distintas, dependiendo de la naturaleza de los conjuntos implicados. Si en nuestro ejemplo los conjuntos A y B son *conjuntos de entidades,* los pares de elementos de A y de B en R_1, han de interpretarse como la confirmación de que sus componentes están positivamente «R_1elacionados». En esta exposición denominamos *conjunto de entidades (o individuos)* a los grupos de elementos que tienen existencia propia, autónoma. La representación habitual de un conjunto de entidades o individuos es una lista de etiquetas (nombres), tantas como elementos tiene el conjunto, que se corresponden biunívocamente con ellos: todo elemento tiene su nombre, y no hay dos nombres repetidos.

Un *conjunto de valores* es una serie de estados —expresados nominal, ordinal, numérico-discreta o numérico-continuamente— de un atributo, variable o característica de entidades. *El nombre* de los conjuntos de valores es significativo para la interpretación de sus elementos. Veamos algunos ejemplos de conjuntos de valores.

Color = {blanco, amarillo, violeta, negro}

Rango por tamaño = {primero, segundo, tercero}

Población_{1990} = {1, 2, 3..., 12356, 12357..., 400500...}

Área en m^2 = {0..., 0'00000001..., 456'53...}

Si C es un *conjunto de valores,* la presencia de m ha de interpretarse como la asignación del valor m del atributo C a la relación existente entre los otros dos miembros de la fila. Si A es un *conjunto de individuos* y B y C son conjuntos de valores, la tabla R_1 se convierte en el listado de los elementos de A y de los valores de sus atributos B y C. Si A, B y C son conjuntos de valores nos encontramos ante tres características que han sido sondeadas simultáneamente en los mismos puntos, sin identificar, del espacio.

El nombre propio de una relación (R_1 en nuestro ejemplo) debe reflejar claramente cuál de los tres tipos es el suyo: a) relación, y sus propiedades, entre conjuntos de entidades reales; b) relación (lista) de entidades de un conjunto y sus características; c) relación (lista) de características registradas en un momento y lugar común.

La formalización matemática del concepto de relación considera a continuación los distintos tipos de conexión entre los elementos de los conjuntos implicados: *meramente relacional,* funcional y biyectiva. En el primero de los casos, *relación m-n (many-to-many relation),* cualquier elemento de uno de los dos conjuntos puede estar relacionado con cero, uno o más de un elemento del otro —suponemos que se trata de una relación binaria.

El segundo tipo, *funcional,* es el de las *relaciones 1-n (one-to-many),* en el que los elementos de uno de los conjuntos pueden relacionarse con cero, uno o más de un elemento del otro y los elementos del segundo sólo pueden relacionarse con cero o un elemento del primer conjunto.

En tercer lugar se consideran las *relaciones biyectivas, 1-1 (one-to-one),* en las que todos los elementos de ambos conjuntos se relacionan con un solo elemento del otro conjunto.

En algunas publicaciones se consideran sólo dos tipos: *many-to-many* y *one-to-many,* entendiéndose que el tipo *one-to-one* es un caso particular del *one-to-many.*

¿Qué sentido tienen todas estas disquisiciones? Facilitarnos la comprensión de la posición relativa de los diversos tipos de conjuntos que componen una base de datos computadorizados. Si la conexión entre los elementos de dos conjuntos de entidades es meramente relacional *(many-to-many),* nos encontramos con una maraña de relaciones potenciales poco estructurada; tal es el caso de la relación entre demarcaciones electorales y partidos políticos, o la de cuencas hidrográficas y divisiones provinciales, o la relación de transbordo entre líneas de metro y de autobuses.

Las conexiones funcionales *(one-to-many)* resultan mucho más articuladas. Piénsese en la relación de inclusión entre los conjuntos de provincias españolas y de comunidades autónomas (toda provincia pertenece a una sola comunidad autónoma y cada comunidad autónoma consta de una o más provincias), o en la relación entre tramos de carretera y carreteras en un sistema como el español.

Si la conexión es biyectiva *(one-to-one),* estamos ante un tipo de relación como la que existe entre los países y sus capitales políticas. En estos casos, sí tiene sentido hacerlo, se puede utilizar un elemento de uno de los conjuntos como representante del elemento del otro conjunto con el que está relacionado: la capital por el país, el presidente de gobierno por el Estado, etc.

La interpretación difiere si uno de los conjuntos es un conjunto de entidades y el otro un conjunto de valores. La conexión meramente relacional *(many-to-many)* no es válida, porque si bien distintos individuos pueden compartir un mismo valor, un individuo no puede adoptar distintos valores a la vez. Si así fuera, habría que redefinir el conjunto de individuos o el de valores *(proceso de normalización;* ver figura 2).

La conexión funcional *(one-to-many),* en cambio, es la habitual entre elementos de estos tipos. Con frecuencia, una determinada característica adoptará el mismo valor en entidades diferentes. Siempre, a cada entidad le corresponderá un único valor, como el propio concepto de función exige (ver figura 2b: característica superficie término municipal).

La conexión biyectiva *(one-to-one)* es la que se establece entre los elementos de un conjunto de entidades y unos valores que, por definición, se convierten en sus identificadores, sus nombres, sus etiquetas, en sus *claves, técnicamente hablando.*

Todas estas consideraciones desembocan en una metodología de definición de tablas que normalmente no resulta difícil aplicar. Veamos esquemáticamente sus pasos más destacados:

	Población 1980-1985-1990	Superficie término municipal en Km²
Municipio 1	5.000,5050,5.100	120
Municipio 2	6.000,5.980,5.990	132
Municipio 3	2.000,2.020,2.030	98
Municipio 4	7.000,7.100,7.150	120
Comarca 1	20.000,21.000,22.000	200,210,120

NORMALIZACION

Población 1980 - 1985 - 1990

		Población 1980	Población 1985	Población 1990	Superficie término municipal en Km²
	Municipio 1	5.000	5.050	5.100	120
	Municipio 2	6.000	5.980	5.990	132
	Municipio 3	2.000	2.020	2.030	132
	Municipio 4	7.000	7.100	7.150	120
Comarca 1	Municipio 11	8.000	8.100	8.700	200
Comarca 1	Municipio 12	10.000	10.500	11.100	210
Comarca 1	Municipio 13	2.000	2.100	2.200	120

FIGURA 2.—*Normalización de relaciones*

a) Definir tantas tablas como clases de entidades se consideren (provincias, comarcas y municipios en la figura 3).

b) En cada una de esas tablas se representarán las características de los elementos de esos grupos, distinguiendo entre ellas la característica que identifica a cada individuo en la tabla (porque adopta un valor distinto en cada caso), que se denomina clave. En estas tablas se pueden registrar también las relaciones jerárquicas entre entidades de distintas clases (ver tablas de comarcas y municipios en la figura 3).

c) Definir tablas para representar relaciones m-n entre clases de entidades y las características de dichas relaciones (ver figura 3: tabla migraciones).

Consideremos ahora el importante nexo que existe entre los conceptos de *relación* y de *clasificación*. No en vano la clasificación de un conjunto genera una colección de subconjuntos (clases) tales que la semejanza intraclases —relación entre los elementos de una clase— es claramente superior a la semejanza interclases —ausencia de relación entre elementos de distintas clases—. Para ello nos centraremos en algunas propiedades de las *relaciones binarias en sentido estricto* —las definidas sobre el mismo conjunto de elementos—. Se trata de las propiedades necesarias para definir las *relaciones de equivalencia*.

Una relación tiene la *propiedad reflexiva*, si todo elemento del conjunto en que ha sido definida está relacionado consigo mismo.

Una relación tiene la *propiedad simétrica*, si siempre que un elemento cualquiera está relacionado con otro, este último también está relacionado con el primero.

Finalmente, una relación tiene la *propiedad transitiva*, si el hecho de que dos elementos estén relacionados con un tercero, implica que ellos también estén relacionados entre sí.

Una relación reflexiva, simétrica y transitiva es una relación de equivalencia. Las relaciones de equivalencia dan lugar a clases de equivalencia (subconjuntos de elementos relacionados entre sí), cuya unión es el conjunto en cuestión y cuya intersección es el conjunto vacío.

El conjunto de clases de equivalencia es una partición; con otras palabras, una clasificación perfecta, en la que hay un sitio para cada cosa, estando cada cosa en su sitio.

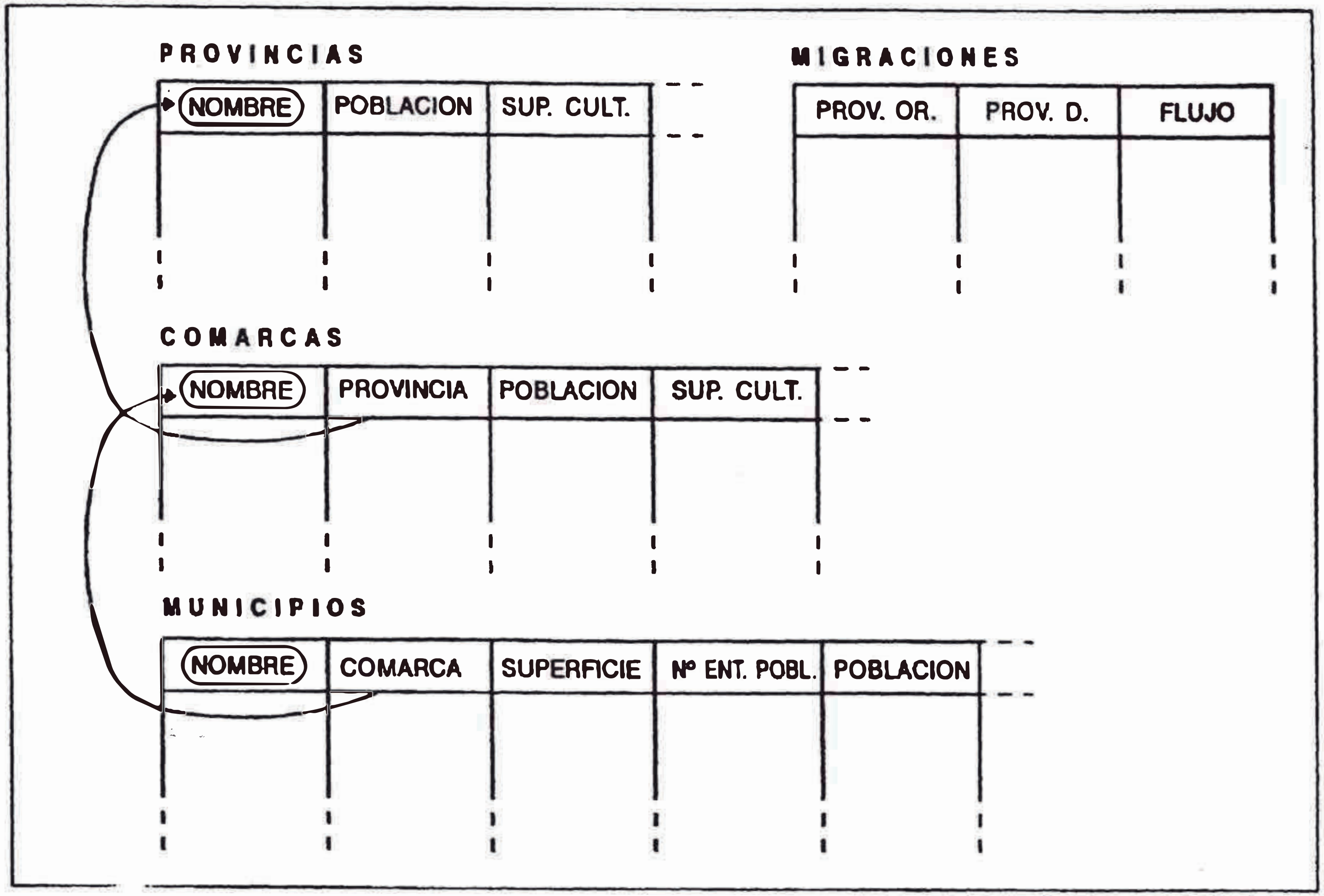

FIGURA 3.—*Tablas relacionales*

Veamos un ejemplo de cada uno de los tipos de relaciones de equivalencia. En primer lugar, la relación originada por semejanza de características, como la relación R_1, descrita páginas arriba. En este caso, poseer una propiedad común divide a los elementos del conjunto en dos clases.

En segundo término consideramos las relaciones establecidas por enlaces interelementos. Imaginemos el conjunto de todos los establecimientos fabriles de un determinado ámbito espacial y definamos la relación compraventa entre pares de establecimientos. La relación clasifica el conjunto de partida en circuitos económicos. Si todos los establecimientos están directa o indirectamente (es decir, transitivamente) relacionados, sólo se constituirá una clase de establecimientos, un único circuito.

Las definiciones que aparecen en el apartado anterior facilitan enormemente la explicación del significado del término relación en los textos de Informática general, en los de manejo de bases de datos y en los manuales de sistemas de información geográfica.

En la actualidad coexisten dos grandes paradigmas de base de datos computadorizada: el *relacional* y el *objetual*. Las mismas ideas no se expresan de igual manera en los dos contextos, a pesar de lo cual se pueden comprender fácilmente las divergencias.

Una razón importante de esta facilidad para cambiar de paradigma radica en la disponibilidad de una metodología genérica de diseño de bases de datos: *los diagramas de entidades y relaciones.*[4]

Como su propio nombre indica, estos diagramas permiten describir el contenido de una base de datos en términos de entidades y relaciones, y de los atributos de unas y otras. El diagrama permite la inspección de la estructura de la base de datos a primera vista, y, si se requiere, a distintos niveles de resolución. Los conjuntos de entidades se representan mediante rectángulos etiquetados con su nombre. Las relaciones entre conjuntos de entidades se explicitan uniendo los rectángulos correspondientes mediante trazos rectilíneos con su nombre (el de la relación) enmarcado por un rombo. Si la relación tiene una dirección precisa, se utilizarán flechas en lugar de simples trazos. También es frecuente, para describir

[4] CERRIÁN, J. A. (1992): *Información Geográfica y Sistemas de Información Geográfica (SIGs),* Santander, Servicio de Publicaciones. Universidad de Cantabria, 85 pp.

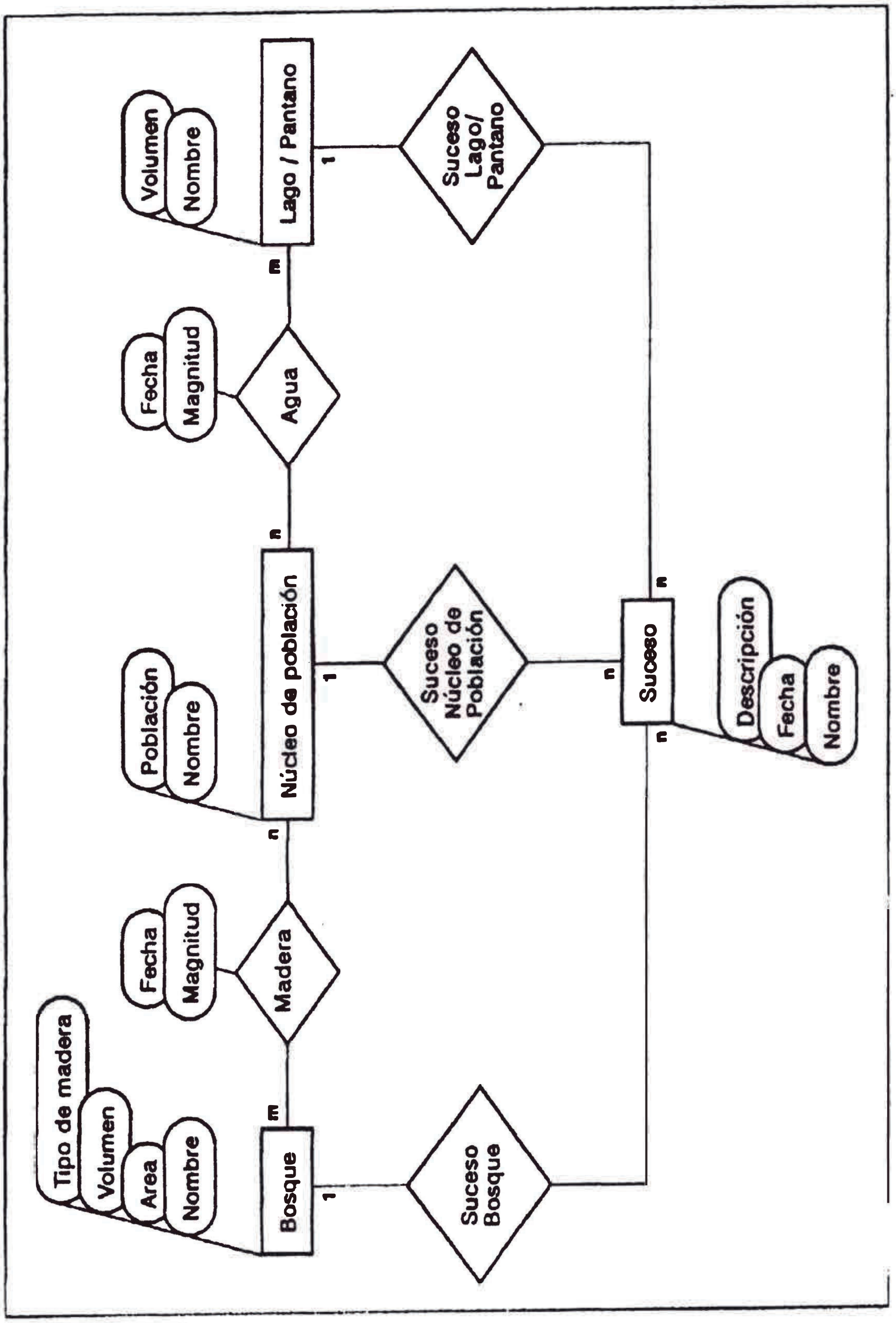

FIGURA 4.—*Diagrama de entidades y relaciones*

exhaustivamente la relación, que se exprese si se trata de una relación 1-1, 1-n, o m-n, situando un 1, una n, o una m, junto a los puntos de contacto ente la flecha o trazo y los rectángulos de los conjuntos de entidades implicadas. Finalmente se introducen los atributos de entidades y relaciones (elipses etiquetadas y enlazadas al rectángulo o rombo correspondiente).

Como ilustración de lo expuesto en el párrafo anterior, vamos a considerar el supuesto del abastecimiento de agua y madera de un conjunto de núcleos de población.[4]

El diagrama de la figura 4 representa las relaciones de abastecimiento de agua y madera, las entidades involucradas y los sucesos importantes que afectan a estas últimas.

Si contamos con un sistema de base de datos relacional, habrá que transformar el diagrama de entidades y relaciones en una colección de tablas (que es la única estructura tipo que un sistema relacional contempla). Para lograrlo se pueden seguir diversos procedimientos, entre ellos el método de Date y Wilson,[5] que es el que hemos apuntado unos párrafos más arriba (ver figura 3). Aplicándolo al escenario actual, las tablas resultantes serían las que aparecen en la figura 5.

Presentamos ahora una descripción más formal de esta metodología. En la primera etapa del método se define una tabla por cada uno de los conjuntos de entidades que aparecen en el diagrama de entidades y relaciones: tablas de una sola columna, la de las claves/nombres *(vid. supra)* de las entidades.

En segundo término se añaden otras columnas a cada una de estas tablas, tantas como atributos tenga, en el diagrama, el conjunto de entidades correspondiente.

A continuación, para representar las relaciones 1-n (las 1-1, *vid. supra,* son un caso particular de este tipo de relaciones), se introduce una columna en cada tabla «-n» para representar sobre ella las claves de las entidades de

[5] DATE, C. J. (1982): *A Practical Guide to Database Design,* Tech. Rep. TRO3.200, IBM Santa Teresa Lab, San José, California.

WILSON, M. L. (1981): *A Requirements and Design Aid for Relational Databases,* Tech. Rep. TRO3.126, IBM Santa Teresa Lab, San José, California.

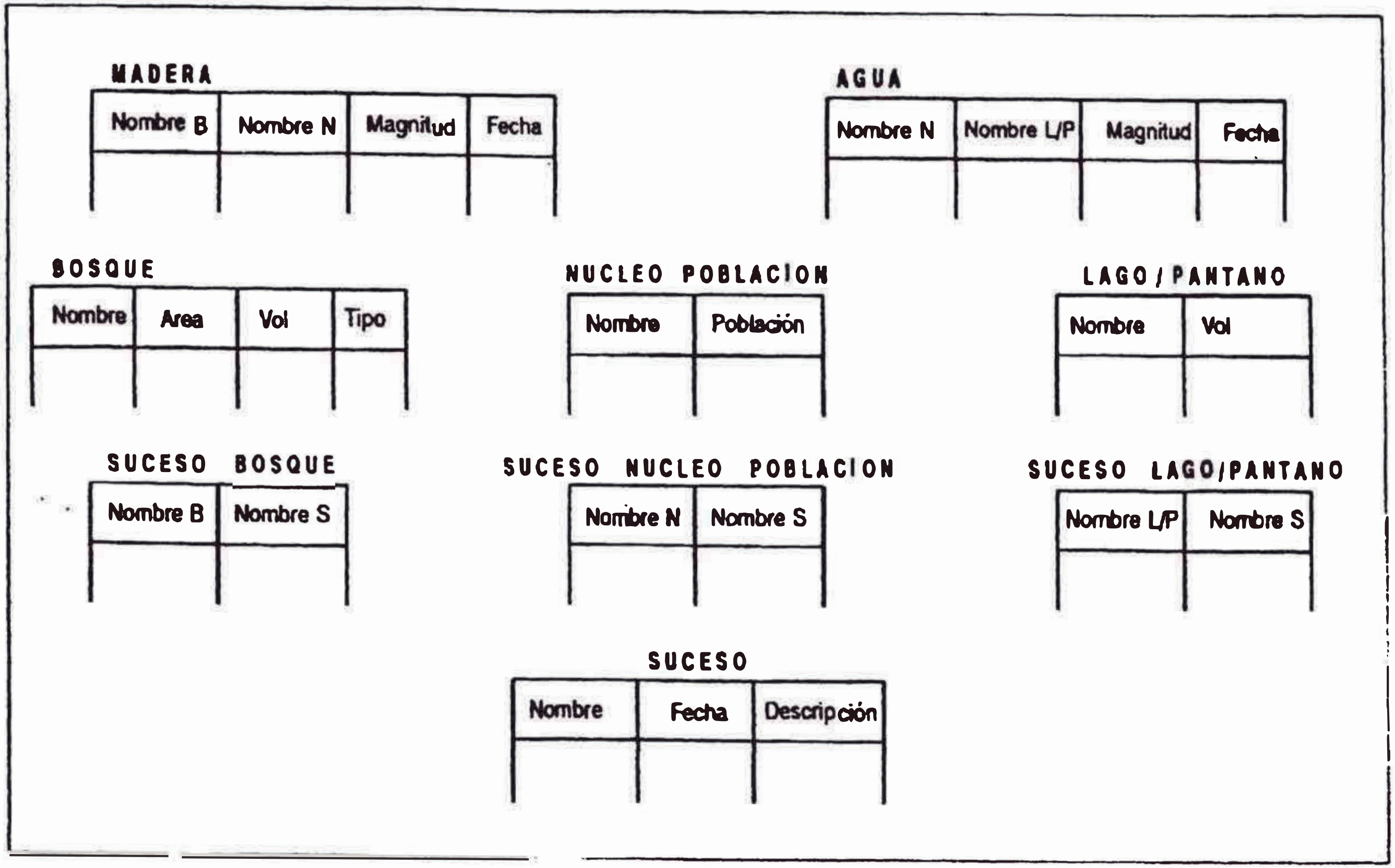

FIGURA 5.—*Conjunto de tablas relacionales*

su tabla «1-», y más columnas, si es necesario representar atributos de esa relación.

En cuarto lugar se definen nuevas tablas, tantas como relaciones m-n se hayan detectado al confeccionar el diagrama de entidades y relaciones. Estas tablas consistirán inicialmente en dos columnas, recogiendo cada una de ellas las claves de las entidades de los dos conjuntos relacionados. Posteriormente, por cada atributo de cada relación que aparezca en el diagrama se añadirá una columna más a la tabla correspondiente.

Si contamos con un sistema de base de datos para objetos, cada conjunto de entidades del diagrama se transformará en un objeto tipo, en una clase de objetos. A continuación, se definirá una tabla de atributos por objeto.

No existe todavía una terminología estándar para referirse al modo de representación de las relaciones en este tipo de sistemas: algunos autores hablan de canales de comunicación entre objetos, otros, de relaciones. Lo cierto es que, a diferencia de lo que ocurre en los sistemas relacionales —donde todo, también las relaciones entre entidades, se representa mediante tablas—, en los sistemas para objetos las relaciones tienen un modo propio, interno, de representación. En sistemas de este tipo el usuario conoce qué entidades están relacionadas entre sí, pero no conoce qué mecanismo concreto se ha empleado para representar esa relación.

Otra diferencia, importante, entre los sistemas referidos a objetos y los sistemas relacionales puros es que los primeros requieren normalmente que se especifique qué funciones (qué operaciones, qué procedimientos) pueden actuar sobre cada conjunto de entidades.

Finalmente, los sistemas de base de datos para objetos, en su mayoría, incluyen dos grafos para controlar la creación y facilitar la búsqueda de objetos tipo: el grafo de generalización —retículo de clases— y el grafo de agregación —grafo de relaciones.[4]

Cerramos estas páginas con un comentario genérico sobre el significado del término *álgebra relacional.* Todo geógrafo está familiarizado con el concepto de *álgebra numérica:* conjunto de operaciones —y sus reglas— con números, para la obtención de otros números. De manera análoga, el álgebra relacional es el conjunto de operaciones —y sus reglas— con relaciones (es decir, tablas), para la obtención de otras relaciones (tablas).

Las principales operaciones del álgebra relacional son la definición de tablas, introducción de datos en las mismas, borrado y modificación de información contenida en ellas, y la obtención de información —que incluye, entre otras, las funciones de selección y proyección, de fusión de tablas y de navegación por el catálogo de tablas del sistema—. El álgebra relacional es el conjunto de comandos genéricos, presentes en el núcleo de todos los sistemas de bases de datos relacionales. Lógicamente, existe también un álgebra de los sistemas de bases de datos para objetos, aunque no la describamos ahora.

Juan A. CEBRIÁN
Instituto de Economía y Geografía, CSIC

LAS SUPUESTAS SIETE COLINAS DEL VIEJO MADRID

Es creencia extendida que la imagen del viejo Madrid, con diversas elevaciones, se ha comparado antaño frecuentemente con las siete colinas de Roma, la ciudad más insigne, como también Bizancio, Lisboa o incluso Toledo. Sin embargo, excepto una sola cita de Roma en el siglo XVII, no hemos hallado mención precisa de las supuestas siete colinas madrileñas hasta comienzos del XIX, un par de veces, y pocas más después, a pesar de la consulta de numerosos cronistas y viajeros;[1] por ello quizás no sea ocioso avanzar unas notas aunque todavía no hemos analizado fuentes literarias.

Los autores del XVI y XVII siempre que se refieren a Madrid hacen alusión al emplazamiento en una o varias colinas o cerros, pero sin precisar más, salvo González Dávila (1623) que cita como eminencia de la villa el alto del convento de la Trinidad,[2] el cual estaba al comienzo de la calle de Atocha, frente a la actual plaza de Benavente. La única referencia a Roma es la de Núñez de Castro, en 1675, quien dice: «estriban los edificios de

[1] LÓPEZ GÓMEZ, Antonio: «Percepción histórica del relieve en la ciudad de Madrid», *Bol. R. Sociedad Geográfica*, 1933 (en prensa).

[2] GONZÁLEZ DÁVILA, Gil: *Teatro de las grandezas de la villa de Madrid*. Madrid, Tomás Iusti, 1623, 3h-522 pp., cf. p. 4.