



En la Fig. 1 se puede observar que existen tres aplicaciones diferentes, las cuales presentan heterogeneidad en los objetos geográficos almacenados en la BDE. Por lo tanto, estas aplicaciones contienen diversos ambientes, vistas de representación, abstracciones y a su vez una *semántica* diferente. En este punto, la heterogeneidad en el nivel de aplicación es un problema *semántico*, ya que las diferencias se presentan en la abstracción de los objetos geográficos, así como en la interpretación de las primitivas de representación espacial en la BDE [1].

Sin embargo, la peculiaridad de nuestra propuesta consiste en la definición de *semántica espacial*, la cual está basada en las propiedades intrínsecas de los objetos geográficos. Estas propiedades pueden estar integradas en una base de conocimiento, la cual estaría representada por conceptos que formarían *ontologías espaciales*. A su vez, estos datos espaciales podrían estar clasificados por medio de *taxonomías espaciales* [2]. Por tal motivo, una solución parcial de interoperabilidad entre bases de datos espaciales podría lograrse utilizando nuestra técnica propuesta en la siguiente sección.

### 3. Semántica Espacial

Para definir la *semántica espacial*, es indispensable conocer las características esenciales que envuelven a los objetos geográficos. Nuestra definición se basa en proporcionar un conjunto de reglas espaciales que describan las propiedades de estos objetos. Este conjunto está compuesto por relaciones, propiedades, funciones y comportamientos, los cuales definen las características de la geoinformación (ver Fig. 2), en donde esta definición puede describirse de la siguiente forma:

$$T = \{ \forall f_G \exists p_i \in T, p_i \subset O_T \} \quad \text{Ec. (1)}$$

$$L = \{ \forall f_G \exists p_i \in L, p_i \subset O_L \} \quad \text{Ec. (2)}$$

$$D = \{ \forall f_G \exists p_d \in D, p_d \subset O_D \} \quad \text{Ec. (3)}$$

$$A = \{ \forall f_G \exists p_a \in A, p_a \subset O_A \} \quad \text{Ec. (4)}$$

En donde  $O_T, O_L, O_D, O_A$  son operaciones sobre los objetos espaciales  $f_G$ , las cuales son *topológicas* ( $T$ ), *lógicas* ( $L$ ), de *distribución espacial* ( $D$ ) y *atributivas* ( $A$ ), tal como se describe en las Ec. (1-4). Por lo tanto, la *semántica espacial* se define por medio de la Ec. (5):

$$S_E = \bigcup p_i \wedge p_l \wedge p_d \wedge p_a \quad \text{Ec. (5)}$$

Todas estas características son consideradas en los sistemas de objetos de un espacio finito de elementos geográficos, lo que implica que, el

contenido del conjunto de reglas espaciales las propiedades topológicas, lógicas, de distribución espacial y atributivas de estos objetos. Con *representación* de datos espaciales y procesamientos subsecuentes.

En esencia, la *semántica espacial* relaciona contenido y la representación de entidades como abstracción, en forma de *conocimiento del real*. El problema principal de la *semántica* consiste en identificar las características diferentes bases de datos espaciales y a niveles de resolución geográfica [2].

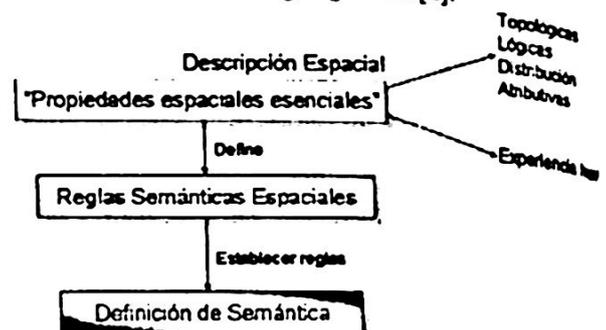


Fig. 2. Propiedades que intervienen en la definición de reglas semánticas espaciales.

El mecanismo que proponemos, es utilizar *semántica espacial* para representar los geográficos y solucionar parcialmente interoperabilidad de BDE's, por medio propiedades intrínsecas de los datos espaciales. Todas estas características estarán descritas en una base de conocimiento, la cual almacenará las características esenciales de los geográficos. La base de conocimiento puede transformada en un *sistema experto espacial*, almacenaría un conjunto de reglas *semánticas*, definidas. Cuando estas reglas han sido una *taxonomía espacial* puede ser generada. La *taxonomía* es definida de acuerdo a las primitivas de *representación espacial*, en donde existe un *del sujeto espacial* en la base de conocimiento, el cual se encarga de interactuar con la *taxonomía espacial* para obtener lo que hemos definido como *técnica de análisis semántico espacial*.

### 4. Ontología y taxonomía espacial

La *técnica de análisis semántico espacial* es para representar objetos geográficos, solucionar la interoperabilidad entre BDE's en forma alternativa. El uso de esta técnica genera *ontologías espaciales*. En esencia, *ontología espacial* es definida como especificación explícita y estructurada conceptualización del conocimiento geográfico

Por lo tanto, ésta puede ser considerada como una descripción de conceptos y relaciones que pueden existir dentro de los datos espaciales. En este contexto, las ontologías espaciales representan conceptos espaciales y descriptivos. Estos conceptos pueden ser considerados como *conocimiento*, el cual formaría parte de un sistema basado en conocimiento. Esta base de conocimiento puede ser utilizada para compartir y acceder a conceptos de acuerdo a las reglas espaciales que corresponden a los datos espaciales.

Con la técnica que proponemos es posible solucionar *ambigüedades* que pueden existir con las características intrínsecas de los objetos geográficos. Debido a que la ontología espacial está definida por conceptos (*no por palabras*) de acuerdo a los objetos geográficos. En la Fig. 3 se muestra el esquema general de la técnica propuesta. En nuestro caso, una *taxonomía espacial* la hemos definido como un método de clasificación para describir cada entidad espacial. El uso de taxonomías espaciales se propone para clasificar y organizar los conceptos en una forma jerárquica. El mecanismo de comunicación entre ambos componentes es el dominio del sujeto espacial, el cual realiza una interacción para conceptualizar las reglas semánticas pertenecientes a los objetos espaciales [4].

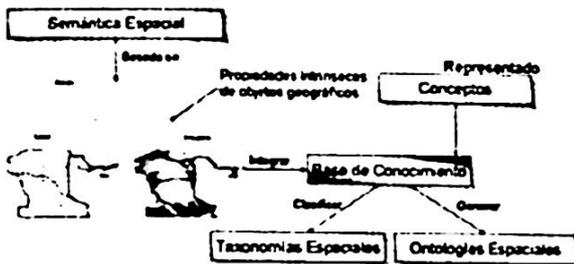


Fig. 3. Esquema general de la técnica de análisis semántico espacial.

En esta clasificación, las entidades espaciales podrían generalizarse de acuerdo a las reglas semánticas espaciales, tal como se muestra en la Fig. 4, a su vez, se muestra el esquema general propuesto para la conceptualización y representación de datos espaciales, por medio de la interacción entre la *taxonomía* y el *dominio del sujeto* espacial.

### 5. Dominio del sujeto espacial

Como ya se ha descrito en la sección 3, todas las reglas generadas se encuentran almacenadas en una base de conocimiento, la cual relaciona y clasifica los objetos geográficos de acuerdo a las características que corresponden a cada forma espacio-geométrica [5].

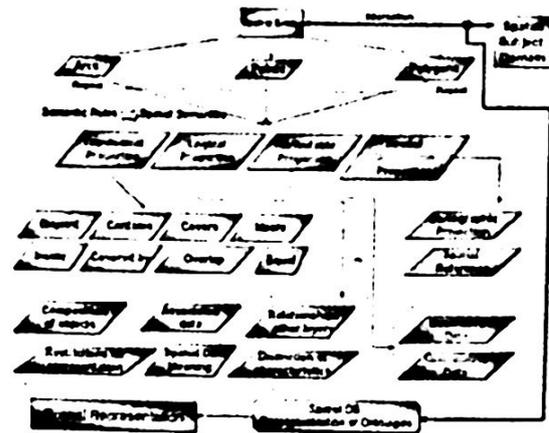


Fig. 4. Representación de datos espaciales basándose en reglas semánticas espaciales.

En este caso, es indispensable realizar una interacción entre la taxonomía y el dominio del sujeto espacial para obtener la *conceptualización* de los datos espaciales ("*conceptos*" y "*no palabras*").

En este trabajo, el dominio espacial es definido como un conjunto de "nombres" que describen las primitivas básicas de representación espacial. Por lo tanto, podemos iniciar con un conocimiento a priori de los objetos geográficos que aparecen por ejemplo en la leyenda de un mapa. En este contexto, las líneas "azules" están unidas bajo el concepto (*nombre*) "rio" y las líneas "negras" bajo el concepto "fractura", etc. Asimismo, estos conceptos diferentes están unidos bajo la misma descripción de representación espacial, es decir, "línea". En la Fig. 5 se muestra la definición de dominio del sujeto espacial y la forma de representar conceptos por medio de esta interacción [2].

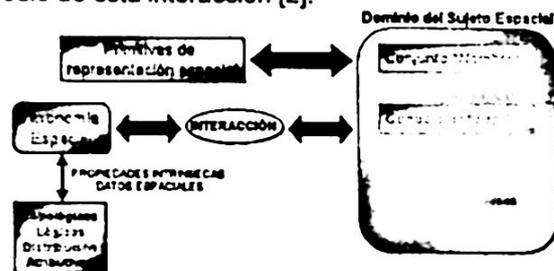


Fig. 5. Definición del Dominio del Sujeto Espacial.

Esto conduce a la tesis de que la interacción entre el dominio de sujeto y la taxonomía espacial es utilizada para localizar conceptos dentro del dominio del sujeto y del árbol semántico, el cual puede corresponder a un caso de estudio particular, e incluir estos conceptos dentro de una ontología espacial.

El motor de interacción funciona por medio de las reglas semánticas espaciales, así definimos las reglas para clasificar y representar las entidades espaciales [6].

La adquisición de conocimiento espacial puede utilizarse para representar otras características de los datos espaciales, los cuales son utilizados para automatizar la representación espacial. Esta representación algunas veces necesita de la *experiencia humana* [7], pero puede utilizarse como mecanismo global para solucionar problemas de interoperabilidad entre bases de datos espaciales [8]. En la Fig. 6 se presenta la interacción del dominio del sujeto espacial con un caso de estudio particular relacionado con datos topográficos.

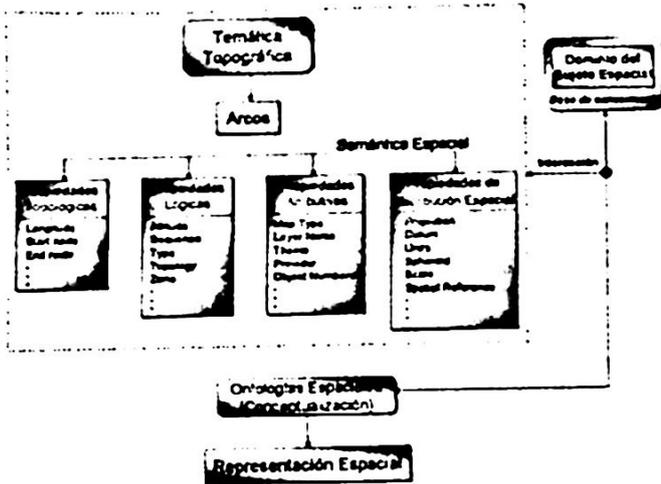


Fig. 6. Interacción del Dominio del Sujeto con Taxonomía Espacial para generar conceptos topográficos.

## 6. Resultados parciales

Los resultados más importantes se avocan a la definición de semántica espacial para proporcionar *ontologías espaciales* por medio de la interacción entre la taxonomía espacial y el dominio del sujeto. En este contexto, se han realizado algunas pruebas de representación espacial para solucionar parcialmente la interoperabilidad entre BDE's. Un caso de estudio en particular relacionado con la *topografía* se describe en la Fig. 8, en donde una vez que se obtienen los datos espaciales con esta descripción, se necesita realizar la *taxonomía* a estos objetos basándose en la primitiva de representación de los mismos. Con este mecanismo se pueden evaluar las propiedades intrínsecas de los datos espaciales con las *reglas semánticas espaciales* almacenadas en la base de conocimiento.

Por ejemplo, como resultado de esta interacción se pueden recuperar objetos geográficos con un criterio atributivo. En esencia, estas variables son categorizadas como atributos cualitativos y cuantitativos [9], este ejemplo puede observarse en la Fig. 7.

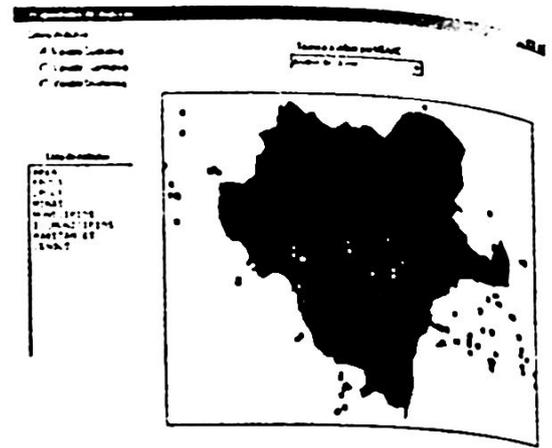


Fig. 7. Objetos geográficos recuperados utilizando las propiedades atributivas.

```
<Spatial_Data>
  <Description>
    <Layer_Name>topo</Layer_Name>
    <Theme>Topography</Theme>
    <Elab_By>GeoLab-CIC-PN</Elab_By>
    <Elab_Date>02/08/1999</Elab_Date>
    <Last_Update>12/08/2001</Last_Update>
    <Type>Line</Type>
    <Topology>Y</Topology>
  </Description>
  <Geographical_Properties>
    <Projection>UTM 14</Projection>
    <Datum>NAR_D</Datum>
    <Units>METERS</Units>
    <Spheroid>GRS1980</Spheroid>
    <Boundary>
      <Xmin>397041.431</Xmin>
      <Xmax>685954.665</Xmax>
      <Ymin>2432826.985</Ymin>
      <Ymax>3097482.722</Ymax>
    </Boundary>
    <Scale>1:50000</Scale>
  </Geographical_Properties>
  <DBMS_Properties>
    <Provider>ArcInfo</Provider>
    <Table_Name>topo.aat</Table_Name>
    <Data_Type>Coverage</Data_Type>
    <Attributes>Topo#, TopoD, FNODE#,
      TNODE#, Length, LPOLY#,
      RPOLY#, Height
    </Attributes>
    <Num_Records>420</Num_Records>
  </DBMS_Properties>
</Spatial_Data>
```

Fig. 8. Descripción espacial generada para recuperar objetos geográficos de diferentes BDE's.

En la Fig. 9 se muestran objetos geográficos recuperados por medio de las propiedades topológicas, tales como "inside", "meet", "cover". En este caso la propiedad "meet" es utilizada para recuperar y representar todos los municipios del estado de Sonora, México.

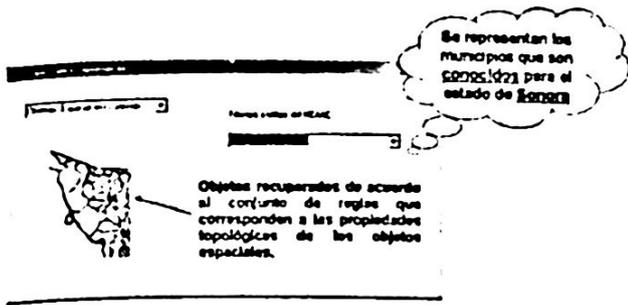


Fig. 9. Objetos geográficos recuperados utilizando las propiedades topológicas.

En la Fig. 10 se muestran objetos geográficos recuperados por medio de una ontología espacial, la cual describe el concepto de *comportamiento del suelo* para construir una carretera en un área específica. Con base en el dominio del sujeto se conocen los elementos que intervienen, tales como: hidrología, fracturas, geología y bordes de frontera del estado. A su vez, se considera un criterio lógico como es la alta infiltración del terreno para definir las características adecuadas del suelo en el diseño de una carretera.

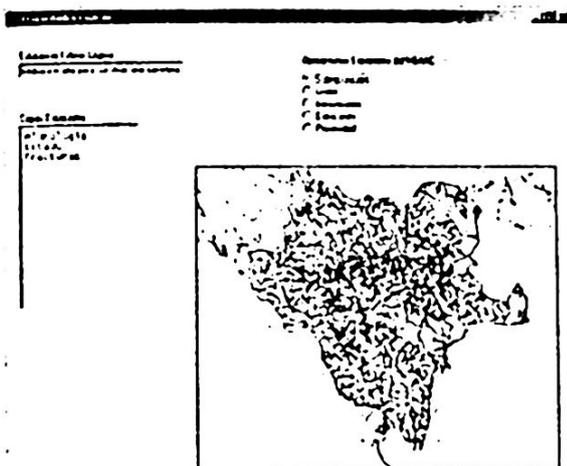


Fig. 10. Objetos geográficos recuperados utilizando las propiedades lógicas.

## 7. Conclusiones

En este trabajo, se presenta la definición de *semántica espacial*, la cual es utilizada para resolver parcialmente problemas de interoperabilidad y representación entre bases de datos espaciales.

Esta definición considera las *propiedades intrínsecas* de los datos espaciales, las cuales están definidas con base en las primitivas de representación espacial. Estas propiedades son utilizadas para generar *reglas semánticas espaciales* que son almacenadas en una base de conocimiento.

Utilizando la técnica de *análisis semántico espacial*, es posible clasificar los objetos geográficos generando una *taxonomía espacial*. En este contexto, el *dominio del sujeto espacial* está orientado a interactuar con la taxonomía para conceptualizar bases de datos espaciales. Con esta interacción, es posible formar *conceptos* que representen *ontologías espaciales*, las cuales son el resultado principal para solucionar parcialmente los problemas de interoperabilidad entre bases de datos espaciales.

La forma de alcanzar interoperabilidad entre los objetos geográficos se realiza por medio de una *descripción* basada en las características y comportamiento de los datos espaciales. Esta descripción se utiliza para recuperar los objetos geográficos considerando los conceptos básicos de esta clase de datos. Por lo tanto, el uso de generar ontologías espaciales es una solución viable para resolver problemas de interoperabilidad y representación de objetos geográficos.

## Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen de antemano al Centro de Investigación en Computación (CIC), a la Coordinación General de Posgrado e Investigación (CGPI) y al Instituto Politécnico Nacional (IPN) por el apoyo brindado para este trabajo.

## Referencias

- [1] M. Goodchild, M. Egenhofer, R. Fegeas and C. Kottman, *Interoperating Geographic Information Systems*, Ed.: Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [2] M. Torres and S. Levachkine, "Semantics Definition to Represent Spatial Data", in *Proceedings of International Workshop on Semantic Processing of Spatial Data, GEOPRO'2002*, Mexico City, 2002, pp. 113-129.
- [3] F. Fonseca and M. Egenhofer, "Ontology-Driven Geographic Information Systems", *7<sup>th</sup> ACM Symposium on Advances in Geographic Information Systems*, Kansas City, MO, 1999, pp. 14-19.
- [4] M. Egenhofer and A.U. Frank, "LOBSTER: Combining AI and Database Techniques for GIS", *International Journal of Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 56, no. 6, 1997, pp. 919-926.
- [5] M.A. Rodriguez, M. Egenhofer and R.D. Rugg, "Assessing Semantic Similarities Among Geospatial Feature Class Definitions", *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 1580, 1999, pp. 189-202.
- [6] N. Guarino, "Formal Ontology, Conceptual Analysis and Knowledge Representation", *International Journal of Human and Computer Studies*, vol. 43, no. 5, 1999, pp. 625-640.
- [7] T. Gruber, "Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing", *International Journal of Human and Computer Studies*, vol. 43, no. 6, 1999, pp. 907-928.
- [8] F. Fonseca, M. Egenhofer and P. Agouris, "Using Ontologies for Integrated Geographic Information Systems", *Transactions in GIS*, vol. 6, no. 3, 2002, pp. 25-40.
- [9] M. Torres and C. Amorós, *Avenmc Tools for Decision Making*, *Journal of Management Information Systems Incorporating GIS and Remote Sensing*, vol. 1, no. 3, 2001, pp. 165-174.