

Diplomado en Análisis de Información Geoespacial

Álgebra de mapas con datos vectoriales

Autor:
M. en G. Luis A. Castellanos Fajardo

Álgebra de mapas (datos vectoriales)

El análisis de los datos geográficos, junto con la generación cartográfica, es una de las tareas fundamentales con las que el concepto de SIG (Sistema de Información Geográfica) alcanza su verdadera importancia. La información que se maneja en un SIG es en sí misma una fuente de información nueva, y sólo a través de su análisis podemos obtener esta última y sacar provecho de ella.

Los datos espaciales son el resultado de un fenómeno o proceso ubicado espacialmente, el cual podemos observar en mayor medida si sabemos “leer” la información subyacente que dicho dato contiene.

Por ejemplo los patrones de crecimiento de una ciudad dicen mucho acerca del comportamiento de ésta, mientras que el rendimiento de las cosechas puede revelar si el suelo en el que se cultivan es o no el correcto.

Esto es una muestra de que existen métodos para convertir la información espacial en información sobre un proceso, o de que se pueden extraer parámetros de utilidad a partir de los datos espaciales relacionados con el área de estudio.

El análisis de estos datos geográficos cobró una nueva dimensión desde la aparición de los SIG y con el surgimiento de nuevos planteamientos y mejoramiento de los ya existentes. Dados unos datos espaciales y un problema a resolver, es probable que exista algún procedimiento que, si no da una solución como tal a partir de dichos datos, nos acerque a ésta.

De modo formal, podemos decir que el *análisis espacial* es el estudio cuantitativo de aquellos fenómenos que se manifiestan en el espacio (Anselin, 1989). Ello indica una importancia clave de la posición, la superficie, la distancia y la interacción a través del

propio espacio. Para que estos conceptos cobren sentido, se necesita que toda la información esté referenciada espacialmente.

En otros tipos de información, el orden en que se dispongan los elementos, indexados de una u otra forma, no es relevante, por lo que una reestructuración de los mismos no afecta necesariamente los resultados.

En el caso del dato espacial, el supuesto no se cumple. Alterar la distribución espacial de los valores de partida implica que los resultados de cualquier análisis espacial serán distintos.

Esto nos permite definir tal análisis espacial como el conjunto de técnicas y modelos que hacen un uso explícito de la referencia espacial de cada dato particular (Chorley, 1972).

En realidad, prácticamente todo cuanto hacemos con los datos espaciales constituye alguna forma de análisis. Pese a que, como ya sabemos, la aparición de los SIG ha propiciado un fuerte desarrollo en este terreno, el análisis espacial no es novedoso; todos en algún momento usamos un mapa clásico y efectuamos algún análisis sobre él. Por ejemplo, con un mapa de elevaciones y otro de temperaturas se ha buscado la frontera hasta donde pueden llegar los mosquitos transmisores del dengue, los cuales sólo pueden vivir hasta una altura y una temperatura determinada; también se pueden ubicar sitios turísticos de interés y localizar en el mapa carretero las mejores rutas en cuanto a seguridad, precio y tiempo. Actividades habituales nos dan ejemplos de análisis geográficos que podemos realizar dentro de un SIG.

Cuando los datos espaciales que se recogen en un mapa de elevaciones, de temperaturas, de sitios turísticos o de carreteras, pasan al marco de un SIG, se

incorporan igualmente a un marco de análisis en el que se contemplan otra serie de operaciones.

Dentro de ese marco se da por igual una formalización de los métodos de análisis espacial, fundamentada en la naturaleza numérica y cuantitativa con la que se maneja todo dato espacial dentro de un SIG. Esta formalización es la que provee el entorno adecuado para plantear todo tipo de análisis cuantitativos sobre los datos espaciales.

El análisis espacial no debe verse como un conjunto de complejos algoritmos, sino como una colección de procesos para explotar los datos espaciales. Estas operaciones reducen resultados de diversa clase, como pueden ser los siguientes:

- Capas de datos geográficas, en cualquiera de los formatos posibles y con cualquier tipo de información.
- Tablas de datos.
- Escalares o vectores.

En ocasiones, los resultados expresan la misma variable que el dato de partida (por ejemplo, el cálculo de una media), pero otras veces las variables de entrada y salida son distintas (cuando a partir de una capa de elevaciones se calcula una de pendientes).

Asimismo, todo análisis espacial parte de un conjunto de datos espaciales, los cuales pueden ser de un tipo único o de varios que se combinan en un procedimiento concreto. La mayor importancia al proponer un análisis espacial adecuado no recae sobre los algoritmos, sino en los planteamientos previos. Es decir, no sobre las respuestas, sino sobre las preguntas que nos hacemos acerca de los datos y los procesos espaciales. Por ello, es importante desarrollar un razonamiento espacial adecuado y conocer bien el tipo de cuestiones que podemos plantear y cómo formularlas.

Según Nyerges (1991), pueden distinguirse las siguientes categorías de cuestiones geográficas:

- Relativas a posición y extensión
- Relativas a la forma y distribución
- Relativas a la asociación espacial
- Relativas a la interacción espacial
- Relativas a la variación espacial

Slater (1982) cita la siguiente lista como compendio básico de las cuestiones que pueden plantearse en el análisis espacial:

- ¿Dónde se encuentra?
- ¿Dónde tiene lugar?
- ¿Qué hay ahí?
- ¿Por qué está ahí?
- ¿Por qué no está en otro lugar?
- ¿Qué podría haber ahí?
- ¿Podría estar en otro lugar?
- ¿Cuánto hay en ese lugar?
- ¿Hasta dónde se extiende?
- ¿Por qué tiene esa estructura particular?
- ¿Existe regularidad en esa estructura?
- ¿De qué naturaleza es esa regularidad?
- ¿Por qué el patrón de distribución espacial tiene que mostrar regularidad?
- ¿Dónde se encuentra en relación a otros de su misma clase?
- ¿Qué clase de distribución conforma?
- ¿Se encuentra en todo el mundo?
- ¿Es universal?

- ¿Dónde están sus límites?
- ¿Cuál es la naturaleza de esos límites?
- ¿Por qué esos límites acotan su distribución?
- ¿Qué otras cosas encontramos asociadas espacialmente a ese fenómeno?
- ¿Aparecen esas cosas asociadas espacialmente en otros lugares?
- ¿Por qué deben estar asociadas espacialmente?
- ¿Ha estado siempre allí?
- ¿Cuándo apareció por primera vez?
- ¿Cómo ha variado espacialmente a través del tiempo?
- ¿Qué factores han influido en su dispersión?
- ¿Por qué se ha dispersado de esa manera?
- ¿Qué factores geográficos han limitado su dispersión?

Por lo anterior, un SIG es una herramienta de primer orden tanto para formular cuestiones geográficas como para resolverlas. Por ejemplo, a través de la mera representación de los datos geográficos, un SIG puede ayudar a identificar y definir los problemas a plantear, ya que la exploración visual de los datos es un elemento clave en la formulación de interrogantes geográficos.

Esa misma representación puede ser también empleada para dar respuesta a dichas interrogantes, ya que estas respuestas quedan muchas veces patentes con el simple análisis visual.

Como ya se ha dicho, todos estos tipos de análisis no son independientes entre sí, y la verdadera potencia de un SIG radica en la elaboración de metodologías que combinen éstos.

Conceptos como la posición o el tamaño son básicos para el análisis geográfico, pues derivan de la propia georreferenciación inherente a todo dato espacial.

El hecho de que exista dicha referencia en el espacio es causa de que los mismos valores de una variable no tengan igual significación en unos lugares que en otros, y que estos lugares no sólo se consideren en términos absolutos, sino también en términos relativos entre los distintos datos espaciales.

Existe de igual modo una relación entre los distintos elementos, la cual permite analizar y explotar la información geográfica, pues ésta en gran medida no tiene sentido como una colección de datos aislados.

Así pues, resulta claro que los distintos elementos con los que trabajamos dentro de una o varias capas de información geográfica se relacionan entre sí. Estas relaciones pueden obedecer a diversos criterios y son la base de un gran número de procedimientos que las estudian y generan resultados en función de ellas.

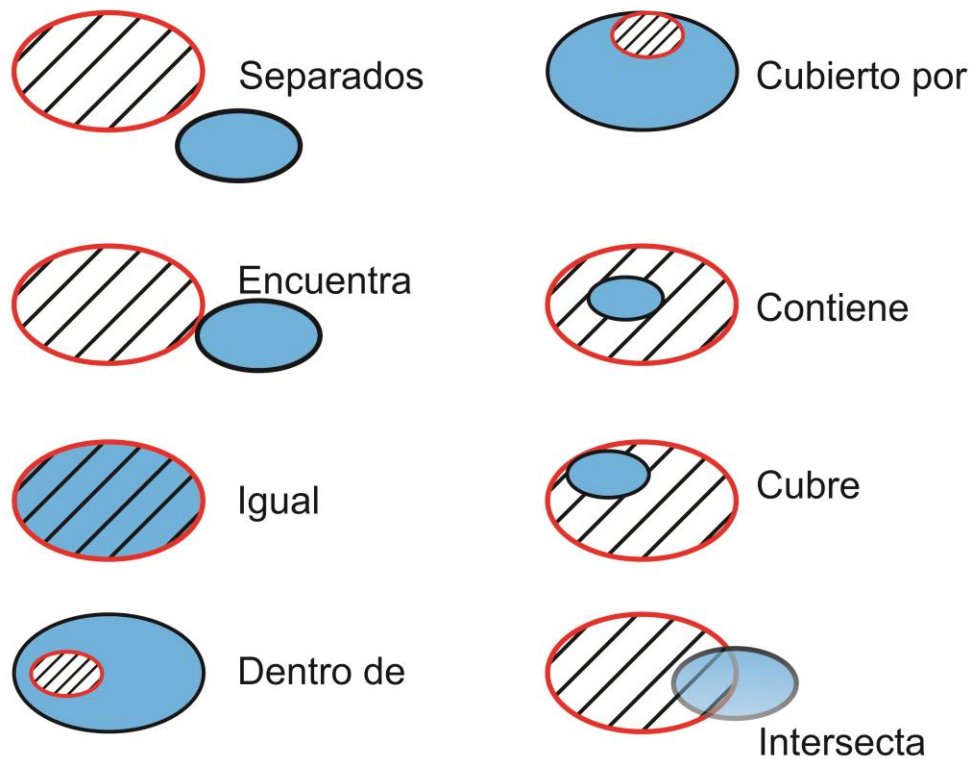


Figura 1. Relaciones espaciales.

Operaciones de superposición (Overlaying)

Uno de los procedimientos más habituales y característicos dentro del uso de un SIG es la combinación o superposición de varias capas de información. La propia estructura de la información geográfica en capas facilita notablemente estos procedimientos y convierte a los SIG en plataformas ideales para llevar a cabo análisis donde se combina información sobre diversas variables.

Antes de la existencia de los SIG, la combinación de capas implicaba la utilización de mapas en soportes como transparencias o acetatos, una opción larga y muy poco apta para el análisis de las combinaciones resultantes.

Dentro de un SIG existen metodologías para integrar la información de varias capas en formas muy distintas, las nuevas capas resultantes luego pueden analizarse con sencillez independientemente de su origen, como una capa más.

En relación a las capas de datos espaciales, los conectadores booleanos AND, OR y NOT son esenciales en operaciones de superposición.

Unión

Realiza una unión geométrica de las capas de entrada. El resultado es una nueva capa que combina las geometrías de las capas de entrada y sus atributos. Todas las capas de entrada son polígonos.

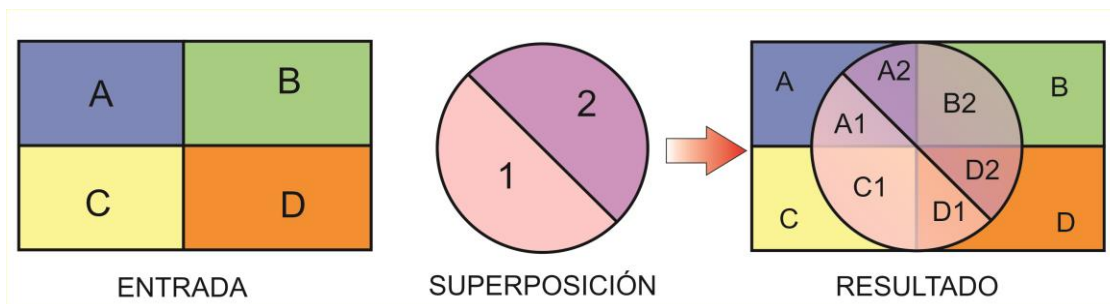


Figura 2. Unión.

Intersección

Realiza una intersección geométrica de las capas de entrada. Crea una capa nueva sólo con los elementos o partes de elementos que intersectan las capas de entrada y sus atributos. Las capas de entrada pueden ser de diferente tipo (puntos, líneas o polígonos), de modo que es posible realizar cualquier combinación.

Al combinar capas que poseen elementos con geometría distinta, la geometría de la capa de salida será, por defecto, la misma para la capa de entrada.



Figura 3. Intersección.

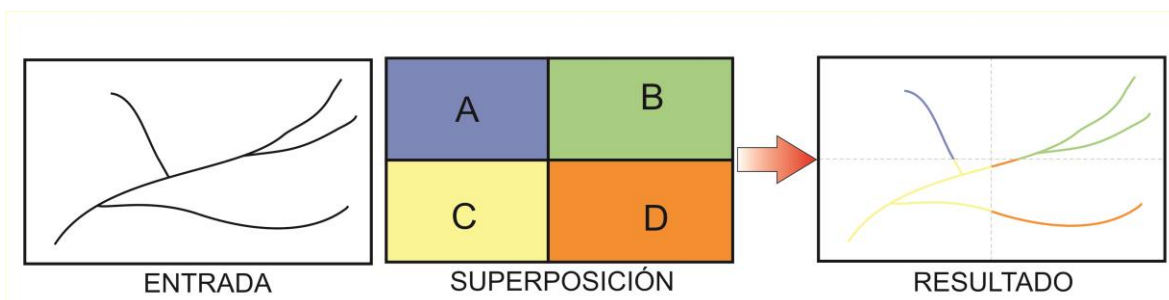


Figura 4. Intersección línea en polígono.

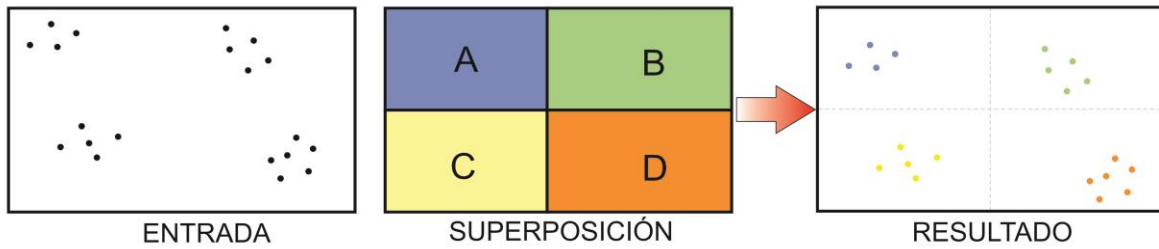


Figura 5. Intersección punto en polígono.

Operaciones de generalización (Dissolver)

Se pueden realizar transformaciones de las geometrías en función de su componente espacial (sus coordenadas) y de los valores asociados a éstas. Un ejemplo de esto es la agrupación de geometrías que comparten algún atributo común en entidades únicas. Dado un conjunto de polígonos con los distintos límites municipales, para los cuales existe un atributo que indique la región a la que pertenecen, se pueden agrupar éstos para obtener polígonos únicos de cada región.

El resultado es una capa en la cual los elementos con el mismo valor son unidos a un solo elemento. La capa de salida tendrá el o los campos con los cuales se definió la disolución. Esto se puede hacer con cualquier geometría: puntos, líneas o polígonos.

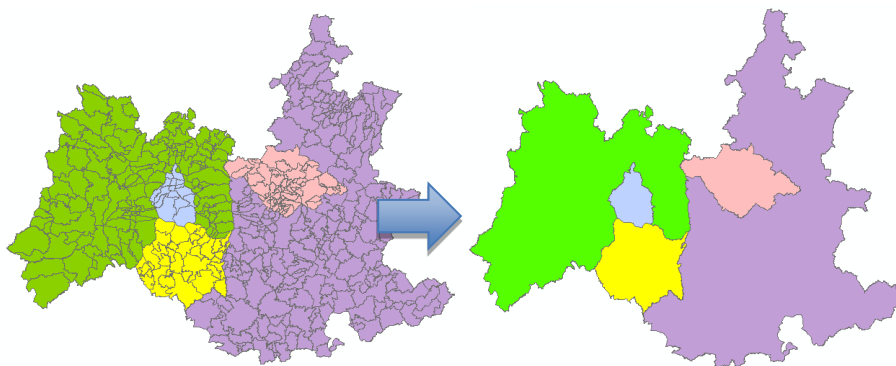


Figura 6. Operación de generalización.

Operaciones de extracción (Cortar)

Extrae los elementos de la capa de entrada que intersectan los elementos de la capa de corte. La nueva capa resultante contiene los elementos extraídos y sus atributos originales. Los elementos a extraer también pueden tener cualquier geometría.

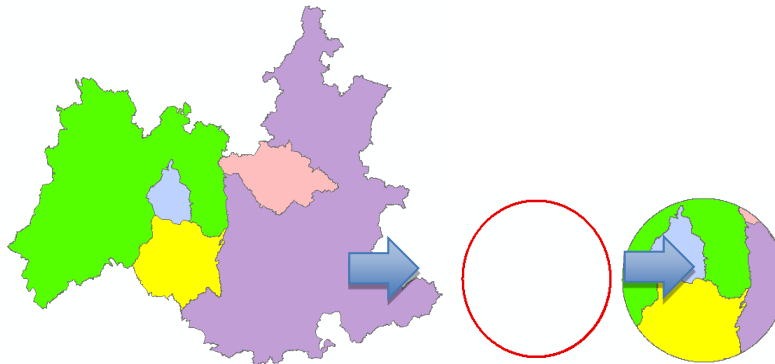


Figura 7. Extracción de un polígono.

Buffer (Áreas de influencia)

Podemos colocar dentro de este grupo una amplia serie de procedimientos que modifican los elementos de entrada de diversas formas.

Por ejemplo, uno de los mecanismos más frecuentes dentro de un SIG es la creación de áreas de influencia.

Este tipo de operaciones de análisis de buffer convierte los elementos geográficos en áreas que reflejan la influencia de dicho elemento, con base en parámetros como distancias o valores. Se tiene así una transformación geométrica, ya que la forma del objeto se ajusta a una nueva que indica la zona que se ve afectada por dicho objeto.

Con ellas podemos responder a preguntas como:

¿Qué puntos de la ciudad no tienen una farmacia a menos de un kilómetro de distancia?

¿Los distintos comercios de una colonia están demasiado juntos y compiten por la clientela?

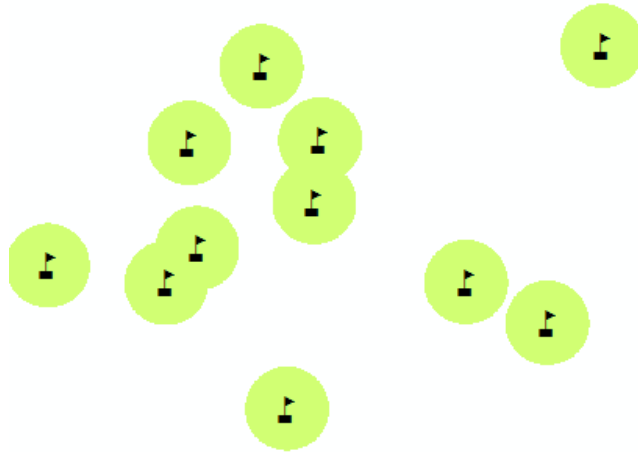


Figura 8. Buffer de elementos de punto.

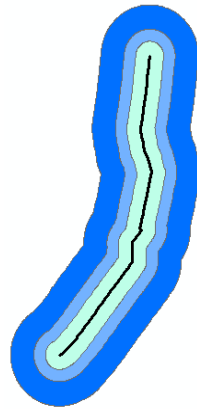


Figura 9. Buffer de línea múltiple.

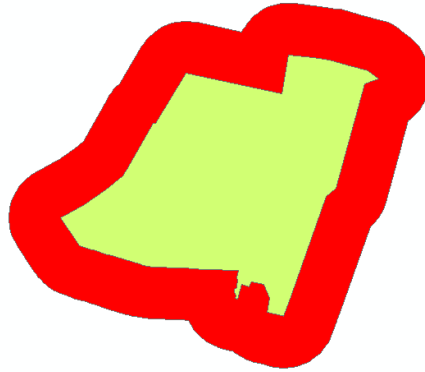


Figura 10. Buffer de polígono.

Análisis de proximidad

Tiene como propósito identificar las áreas próximas a los objetos. La distancia es el elemento que siempre va a intervenir. Consiste en reconocer las características en el entorno de un objeto o localización. Debemos identificar el área inmediata, también es un análisis de proximidad en algunos casos.

Tipos de análisis:

- En función de la distancia a un objeto.
- En función de los objetos próximos o asignación euclidiana (polígonos Thiessen). Cada polígono de Thiessen contiene sólo una capa de entrada de punto. Cualquier lugar dentro de un polígono de Thiessen se acerca más a su punto asociado que a otro punto de entrada de la capa.

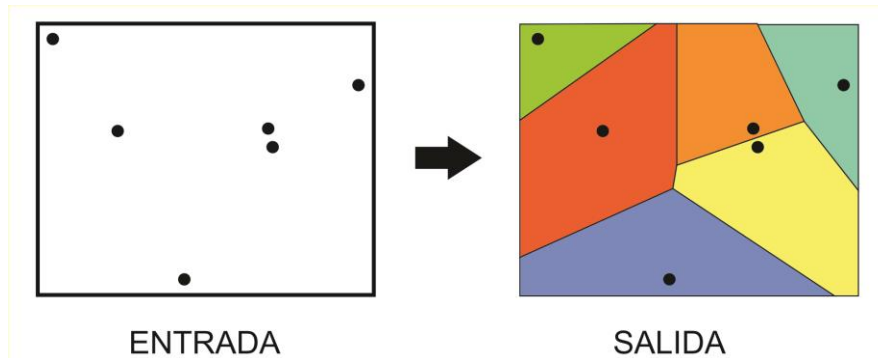


Figura 11. Polígonos de Thiessen

- La distancia a un punto es una función que determina las distancias de un punto de entrada con todos los puntos cercanos, estos pueden ser especificados por un radio de búsqueda. La salida es una tabla con los identificadores de los puntos cercanos y la distancia entre ellos.
- Funciones de cercanía. Determinan la distancia desde un rasgo de entrada con cada rasgo cercano. Esta función puede ser **punto a punto**, **punto a línea**, o **punto a polígono**.

Los operadores para el análisis de proximidad nos ayudan a responder preguntas básicas en un SIG, como ¿qué está cerca de qué?

A continuación, algunos ejemplos:

- ¿A qué distancia está el pozo de un área de desechos?
- ¿Alguna carretera pasa a 1.000 metros del arroyo?
- ¿Cuál es la distancia entre dos ubicaciones?
- ¿Cuál es la entidad que está más cerca o más lejos de algo?
- ¿Cuál es la distancia entre cada entidad en una capa y entre las entidades en otra capa?
- ¿Cuál es la ruta más corta de una ubicación a otra?

Las herramientas basadas en entidades varían en los tipos de salida que producen. Unas generan entidades poligonales, que se pueden utilizar como entrada para las herramientas de superposición o de selección espacial. Las del otro tipo agregan un atributo de medición de distancia a las entidades de entrada. Otras más producen entidades poligonales que dividen el espacio disponible y lo asignan a la entidad de punto más cercana.

Referencias

1. Anselin, L. (1989). What is special about spatial data? Alternative perspectives on spatial data analysis. In: Symposium on Spatial Statistics, Past, Present and Future. Department of Geography, Syracuse University.
2. Antenucci, J. C; Brown, K; Croswell, P. L.; Kevany, M; y Archer, H. (1991). Geographic Information Systems, A Guide to the Technology. New York: Van Nostrand Reinhold.
3. Aronoff, S. (1991). Geographic Information Systems: A management perspective. Ottawa, Canadá: WDL Publications.
4. Bonham-Carter, G. F. (1994). Geographic Information Systems for Geocientists. Ontario, Canada: Pergamon-Elsevier Science.
5. Bosque, J. (1992). Sistemas de Información Geográfica. Madrid, España: Ediciones RIALP, S.A.
6. Chorley, R..J..F. (1972). Spatial Analysis in Geomorphology. Methuen.
7. Marble, D. F. (1984). Geographic Information Systems an Overview. Proceedings, Pecora 9 Conference, Sioux Falls, S. D.
8. Nyerges, T.L. (1991). Analytical Map Use. Cartography and GIS, 18.
9. Peuquet, D. J. y Marble, D. F. (1990). Introductory Readings in Geographic Information Systems. Taylor and Francis.
10. Slater, F. (1982). Learning through Geography. Heineman Educational Books, Ltd.
11. Ayuda de ARCGIS 10.1.