

Obtención automática de relaciones espaciales en el análisis del territorio: relaciones de adyacencia entre unidades de paisaje en el Alt Penedés – Anoia (Cataluña)

José A. Martínez-Casasnovas

Universidad de Lleida, Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo

j.martinez@macs.udl.es

Resumen

Una de las relaciones espaciales entre objetos más usadas en análisis del territorio es la adyacencia. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten registrar esta y otras relaciones como la conectividad y derivar otras a través de operaciones de análisis espacial como la proximidad, inclusión, intersección, etc. El registro de relaciones espaciales en modelos vectoriales se hace de una forma poco entendible por el usuario del sistema, que percibe las relaciones espaciales a nivel de objetos con existencia real o conceptual. La estructura de datos del mapa vectorial las considera a nivel de los elementos geométricos básicos o primitivos que definen las delineaciones de las unidades cartográficas del mapa. La obtención de índices de adyacencia entre unidades, como por ejemplo el porcentaje del perímetro que una unidad cartográfica X comparte con otra unidad Y, no suelen estar automatizadas por medio de funciones ejecutables en programas de SIG comerciales. Estos de índices son obtenidos a partir de la suma de las relaciones parciales entre delineaciones o polígonos que componen las unidades cartográficas, poniendo de manifiesto relaciones entre unidades a nivel global.

Un ejemplo de la aplicación de estos índices en análisis territorial es el de la adyacencia entre unidades geomorfológicas. En este sentido, el presente trabajo trata de la obtención y automatización de un índice de adyacencia para cuantificar la relación entre unidades geomorfológicas, que constituyen una información relevante para la descripción de las relaciones espaciales en el análisis del territorio. Como ejemplo se propone el índice de adyacencia entre unidades geomorfológicas y áreas de barrancos y *badlands*. Esta información podrá servir para la identificación de unidades de mayor riesgo de ser afectadas por la expansión de estas formas de erosión.

Se utiliza la estructura formal de datos (*Formal Data Structure* o FDS) propuesta por Molenaar (1993), como modelo de datos que permita la respuesta a consultas como la planteada del cálculo del índice de adyacencia entre unidades cartográficas de Paisaje y Relieve o cualquier mapa vectorial de áreas. La estructura formal de datos se ha implementado en el modelo físico de datos ArcInfo (ESRI). Como datos a los que aplicar el concepto y cálculo del índice de adyacencia se utiliza el mapa de unidades de Paisaje y Relieve del Alt Penedés-Anoia (Cataluña). La obtención del índice de adyacencia se ha automatizado mediante un programa, escrito en lenguaje macro y SQL (*Structured Query Language*) de Access (Microsoft), que manipula las tablas de atributos topológicos. Se ha elegido este entorno por su gran extensión a nivel de usuario y su fácil utilización. El programa combina en una macro las diferentes consultas estructuradas para el cálculo del índice de adyacencia.

1. Introducción

Una de las relaciones espaciales entre objetos más usadas en análisis del territorio es la adyacencia también denominada vecindad. La justificación atiende a una de las principales leyes en geografía (Tobler, 1970): todo está relacionado con todo pero los objetos o fenómenos más próximos entre si están más relacionados que los más distantes.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten registrar esta y otras relaciones como la conectividad y derivar otras a través de operaciones de análisis espacial como la proximidad, inclusión, intersección, etc. A este respecto, el modelo vectorial topológico ofrece más posibilidades que el raster, ya que registra de forma explícita alguna de las relaciones elementales. En el modelo raster la única relación topológica posible es la vecindad de una celda con sus 4 u 8 vecinas, haciendo esto más complejo la obtención de relaciones entre objetos del terreno.

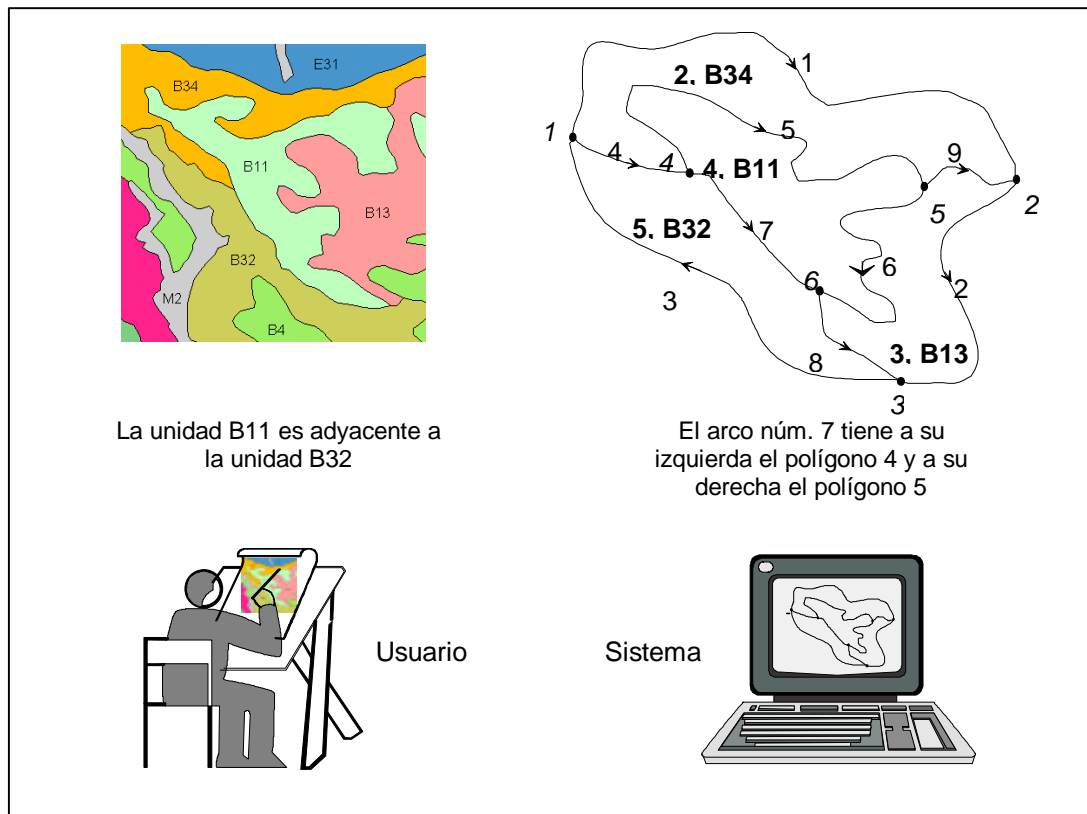


Figura 1. Percepción de relaciones espaciales entre objetos del terreno representados en un mapa y en un mapa vectorial en un Sistema de Información Geográfica.

A pesar de lo dicho sobre el registro explícito de relaciones espaciales en modelos vectoriales, este registro se hace a un nivel poco entendible por el usuario del sistema, que percibe las relaciones espaciales a nivel de objetos con existencia real o conceptual. Por su parte, la estructura de datos del mapa vectorial las considera a nivel de los elementos geométricos básicos o primitivos que definen las delineaciones de las unidades cartográficas del mapa (Figura 1).

Algunos de los programas de SIG existentes en el mercado, dentro del grupo de los denominados “desktop GIS” como por ejemplo ArcView o ArcInfo en el módulo Arcplot (ESRI), incorporan funciones que facilitan al usuario la búsqueda de polígonos adyacentes a uno o varios polígonos especificados. Estas herramientas son útiles en planificación territorial desde el punto de vista que permiten seleccionar áreas bajo la influencia o proximidad de zonas de actuación, identificar áreas de exclusión, etc. En estos casos el usuario no tiene por qué conocer la estructura de datos, pues el programa ejecuta una función programada, que la

manipula en búsqueda de los polígonos adyacentes.

La obtención de índices de adyacencia entre unidades, como por ejemplo el porcentaje del perímetro que una unidad cartográfica X comparte con otra unidad Y, no suelen estar automatizadas por medio de funciones ejecutables en programas de SIG comerciales. Este tipo de índices se obtienen a partir de la suma de las relaciones parciales entre delineaciones o polígonos que componen las unidades cartográficas en cuestión, poniendo de manifiesto relaciones entre unidades a nivel global.

Un ejemplo de la aplicación de estos índices en análisis espacial es el propuesto por van Smaalen (1996). Este autor usa la relación global de adyacencia entre unidades para derivar objetos compuestos a partir de la agregación de objetos elementales que se presentan frecuentemente adyacentes en el espacio. De este modo, se pueden derivar representaciones de una realidad a diferentes escalas o niveles de agregación.

Otro ejemplo es el de la adyacencia entre unidades geomorfológicas (Zink 1988, Zink y Valenzuela 1990), que constituye una información relevante para la descripción de las relaciones espaciales entre unidades del territorio. El presente trabajo trata de la obtención y automatización de un índice de adyacencia para cuantificar la relación entre unidades de paisaje/relieve o geoformas. Como ejemplo se propone el índice de adyacencia entre unidades de paisaje/relieve y áreas de barrancos y badlands. Esta información podrá servir para la identificación de unidades de mayor riesgo de ser afectadas por la expansión de estas formas de erosión.

2. Materiales y métodos

2.1. Datos e índice de adyacencia

Como datos a los que se aplicará el concepto y cálculo del índice de adyacencia se utiliza el mapa de paisaje/relieve del Alt Penedès-Anoia (Barcelona). Este mapa contiene delineaciones de las unidades cartográficas de paisaje/relieve que se describen en la Tabla 1.

Los atributos elementales asociados a cada delineación del mapa son: el número o código de la delineación, la unidad cartográfica (UC) a la que pertenecen, el área y el perímetro de la delineación. Otros atributos descriptores del relieve de las unidades cartográficas, como por ejemplo la pendiente media, densidad de drenaje, forma de las vertientes, etc., pueden ser también asociados a la entidad UC en la leyenda.

Tabla 1. Leyenda del mapa de unidades de paisaje/relieve del Alt Penedès-Anoia.

Unidad de Paisaje	Unidad de Relieve	Código Unidad Cartográfica
Montaña (Sierra Prelitoral)	Vertientes escarpadas (pendiente > 25%)	A
Pie de monte	Plataformas residuales poco disectadas (pendiente: 5-15%)	B11
	Plataformas residuales moderadamente disectadas (pendiente: 5-15%)	B12
	Plataformas residuales disectadas (pendiente: 5-15%)	B13
	Glacis (pendiente: 5-15%)	B2
	Vertientes suaves o moderadamente inclinadas (pendiente: 1-10%)	B31
	Vertientes moderadamente inclinadas (pendiente 5-15%)	B32
	Vertientes complejas fuertemente inclinadas (pendiente 5-15%)	B33
	Vertientes moderadamente escarpadas o escarpadas (pendiente 20-30 %)	B34
	Fondos de valle (pendiente 5-15 %)	B4
Vertientes y barrancos	Divisorias redondeadas (pendiente 5-15 %)	C1
	Vertientes complejas fuertemente inclinadas (pendiente 5-15 %)	C21
	Vertientes complejas fuertemente inclinadas o colinadas (pendiente 10-20 %)	C22
	Vertientes complejas colinadas (pendiente 15-20 %)	C23
	Vertientes moderadamente escarpadas o escarpadas (pendiente 20-30 %)	C24
Relieve suavemente ondulado (Pla del Penedès)	Asociación de divisorias y vertientes moderadamente inclinadas (pendiente 5-10 %)	D1
	Vertientes suavemente inclinadas (pendiente 1-5 %)	D21
	Vertientes en glacis y antiguas llanuras aluviales (pendiente 1-10 %)	D22
	Vertientes moderada o fuertemente inclinadas (pendiente 5-10 %)	D23
	Vertientes moderadamente escarpadas (pendiente 10-20 %)	D24
	Fondos de valle (pendiente 5-10 %)	D3
Niveles aluviales recientes	Llanuras aluviales (pendiente 1-10 %)	E1
	Asociación de llanuras aluviales y terrazas (pendiente 5-10 %)	E2
	Terrazas bajas (pendiente 5-15 %)	E31
	Terrazas medias (pendiente 5-15 %)	E32
	Asociación de terrazas y glacis coluviales (pendiente 5-15 %)	E33
Áreas misceláneas	Áreas urbanas, industriales y de extracción	M1
	Barrancos y badlands	M2

El índice de adyacencia (IA) entre dos objetos o, en este caso, entre dos unidades cartográficas X e Y se define como (van Smaalen 1996; Ecuación 1).

Ecuación 1 $IA_{(X,Y)} = P_{(X,Y)} / P_{(X)}$

Siendo: $IA_{(X,Y)}$ = Índice de adyacencia de la unidad X con la unidad Y

$P_{(X,Y)}$ = Perímetro común total entre las unidades X e Y

$P_{(X)}$ = Perímetro de la unidad X (suma del perímetro de todas las delineaciones)

El índice de adyacencia puede expresarse también como porcentaje respecto al perímetro de la unidad X, multiplicando IA por 100.

Para la evaluación del IA se propone *a priori* el criterio expuesto en la Tabla 2.

Tabla 2. Clases de adyacencia entre unidades cartográficas en función del índice de adyacencia.

Clase de adyacencia de la unidad X con respecto a la unidad Y	IA = Porcentaje (%) de perímetro de la unidad X compartido con la unidad Y
Baja	< 10
Media	10 - 25
Alta	25 - 50
Muy alta	> 50

2.2. Estructuras de datos

El modo de representación de las unidades cartográficas seleccionado es la estructura de datos vectorial topológica, por su mayor eficiencia y posibilidad en el registro de relaciones espaciales o topológicas como la adyacencia. En este modelo la estructura espacial de una realidad se hace en términos de objetos punto, líneas y áreas

El modelo topológico, también denominado arco-nodo, se basa en tres conceptos fundamentales (Martínez-Casasnovas 1994):

- Conectividad: Los arcos se conectan entre ellos en los nodos.
- Adyacencia: Los arcos tienen dirección, determinada por el nodo inicial y el nodo final, que define el espacio a la derecha y el espacio a la izquierda (Figura 2).
- Definición de áreas: Los arcos que se conectan rodeando un área definen un polígono.

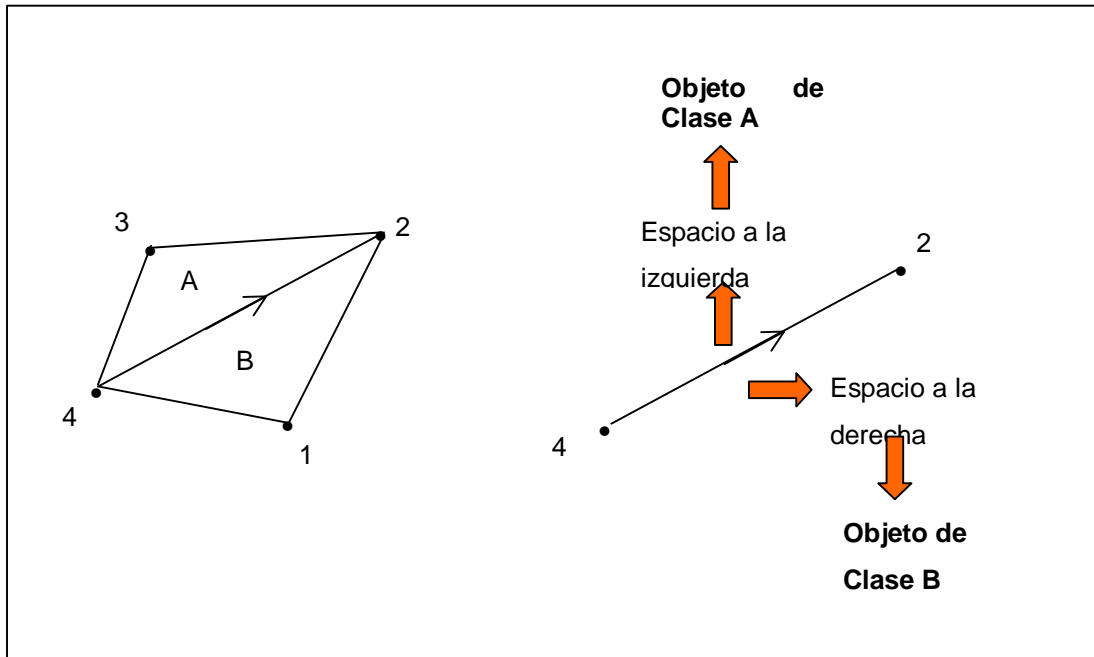


Figura 2. Relación de adyacencia entre áreas (representadas por polígonos). (Molenaar y Martínez-Casasnovas 1996).

Estos tres tipos de relaciones pueden registrarse en forma de tablas denominadas de topología (una para cada tipo de elemento geométrico básico o primitivo): tabla de topología de nodos, de arcos y de polígonos (Figura 3).

Para poder derivar de forma automática las relaciones espaciales, a nivel de objetos con existencia real, es necesaria una estructura de datos en la que las relaciones entre los objetos del terreno y los elementos geométricos o primitivos estén registradas (Martínez-Casasnovas 1994, Martínez-Casasnovas y Molenaar 1995). De esta forma, la respuesta a consultas como la planteada del cálculo del índice de adyacencia entre UCs de Paisaje/Relieve o cualquier mapa vectorial de áreas podrán ser fácilmente obtenidas.

Una estructura conceptual de datos que cumple estos requisitos es la Estructura Formal de Datos (*Formal Data Structure* o FDS) propuesta por Molenaar (1989 y 1993). Es una estructura vectorial topológica que registra las relaciones entre entidades a tres niveles: a) primitivos geométricos, b) primitivos geométricos y objetos del terreno y c) objetos del terreno (Figura 4). La descripción de este modelo de datos para mapas vectoriales y las relaciones entre los diferentes niveles topológicos ha sido formalizada por Molenaar y Martínez-Casasnovas (1996).

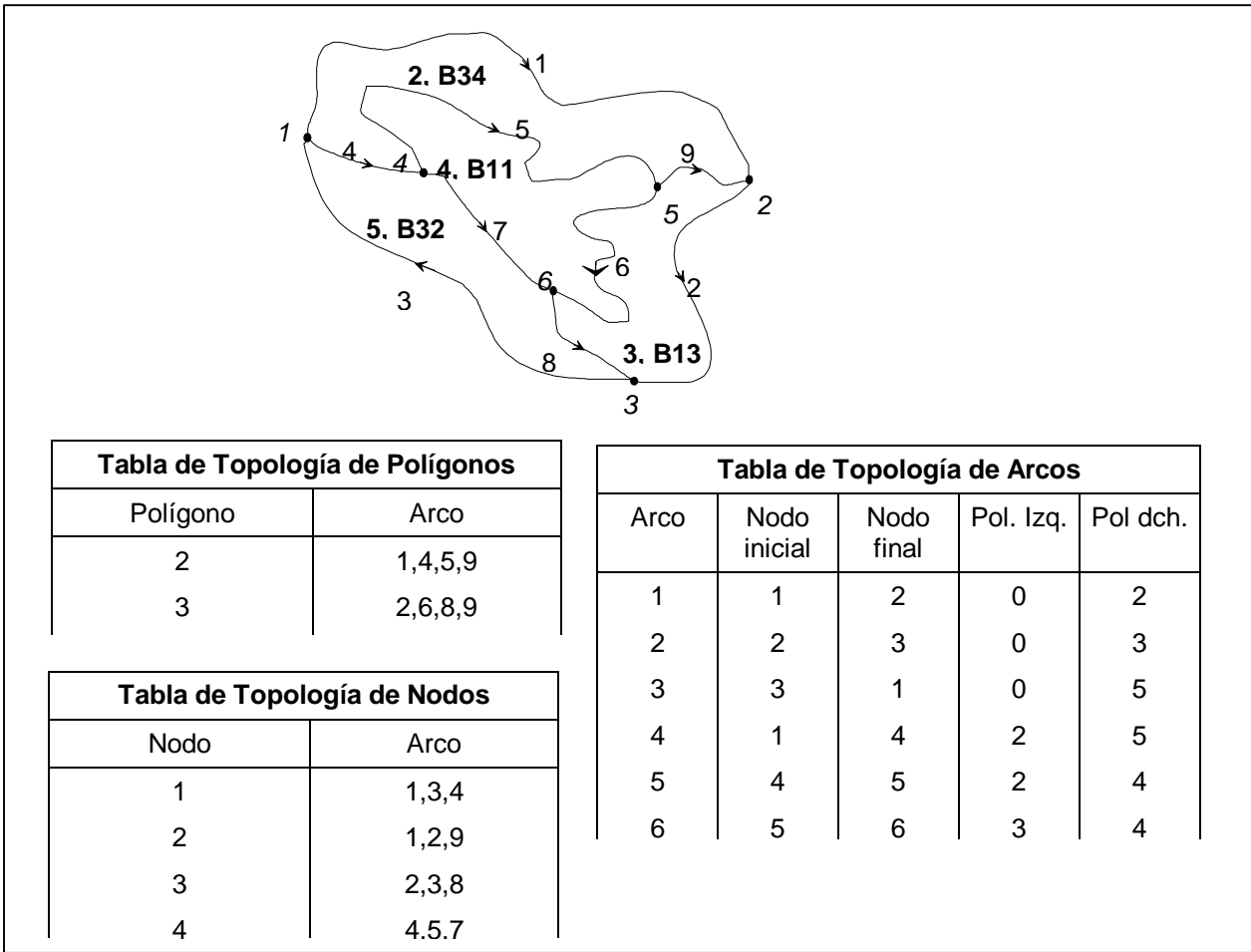


Figura 3. Representación gráfica vectorial y tablas de topología. Los polígonos representan delineaciones de unidades cartográficas (UC), con los que guardan una relación uno-a-muchos: por ejemplo, una UC puede tener una o más delineaciones en el mapa, mientras que una delineación solo pertenece a una UC.

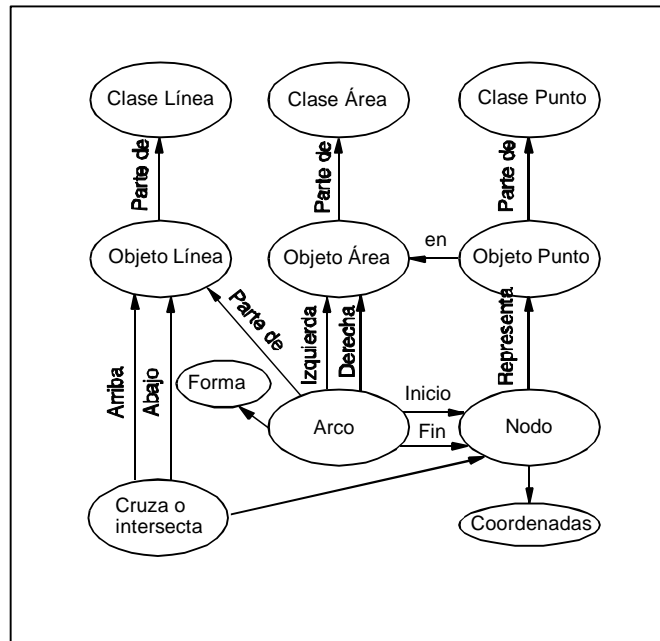


Figura 4. Estructura Formal de Datos (FDS) según Molenaar (1989). Las flechas representan relaciones uno-a-muchos entre entidades: p.e. un objeto línea se compone de uno o más arcos.

La estructura formal de datos se ha implementado en el modelo físico de datos ArcInfo (ESRI), según el modo propuesto por van Smaalen y Molenaar (1993) (Figura 5).

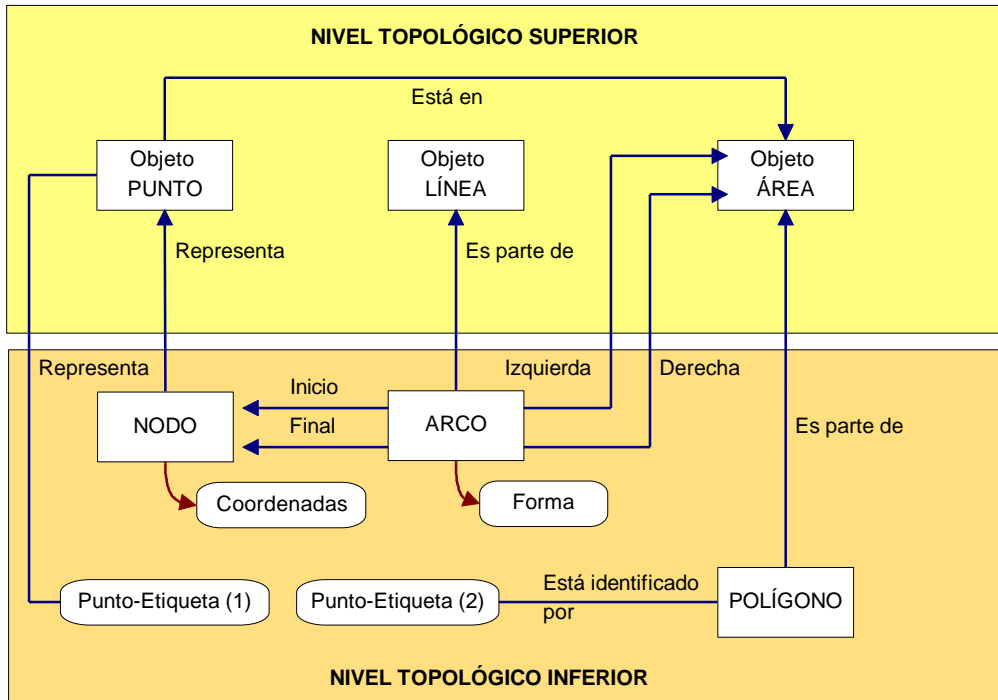


Figura 5. Estructura Formal de Datos (FDS) implementada en ArcInfo (van Smaalen y Molenaar 1993). (Las flechas representan relaciones uno-a-muchos).

El mapa de UC de Paisaje/Relieve se ha traducido a la estructura física del modelo ArcInfo, produciendo una cobertura o mapa vectorial que lleva asociadas dos tablas: a) tabla de atributos de polígonos (PAT, Tabla 3) y b) tabla de atributos de arcos (AAT, Tabla 4).

Tabla 3. Descripción de los campos de la tabla de atributos de polígonos (PAT) de la cobertura Paisaje/Relieve

Atributo	Descripción
AREA	Superficie (m ²) de cada delineación o polígono del mapa de unidades cartográficas (UC).
PERIMETER	Perímetro (m) de cada delineación o polígono del mapa de UC.
GEOMORFO_	Identificador interno de cada delineación o polígono del mapa de UC. Asignado automáticamente por el sistema.
GEOMORFO_I	Identificador del usuario de cada delineación o polígono del mapa de UC. Ha sido asignado automáticamente por el sistema de forma correlativa.
GEOMORFOL	Código de la UC a la que pertenece una delineación o polígono. (Ha sido añadido por el usuario a la tabla PAT creada por ArcInfo).

(Nota: A excepción del atributo GEOMORFOL, el resto son generados automáticamente por ArcInfo para cualquier cobertura con topología de polígonos)

Tabla 4. Descripción de los campos de la tabla de atributos de arcos (AAT) de la cobertura Paisaje/Relieve

Atributo	Descripción
FNODE_	Nodo inicial de un arco que define el límite de un polígono.
TNODE_	Nodo final de un arco que define el límite de un polígono.
LPOLY_	Identificador interno del polígono que se encuentra a la izquierda del arco. Se corresponde con el identificador GEOMORFO_ de la tabla PAT.
RPOLY_	Identificador interno del polígono que se encuentra a la derecha del arco. Se corresponde con el identificador GEOMORFO_ de la tabla PAT.
GEOMORFO_	Identificador interno del arco. Asignado automáticamente por el sistema.
GEOMORFO_I	Identificador del usuario del arco. Ha sido asignado automáticamente por el sistema de forma correlativa.

(Nota.- todos los atributos de esta tabla son generados automáticamente por ArcInfo al crear topología de líneas a la cobertura vectorial).

2.3. Automatización del cálculo del índice de adyacencia.

La obtención del índice de adyacencia se ha automatizado mediante un programa, escrito en lenguaje macro y SQL (*Structured Query Language*) de MS Access 7.0, que manipula las tablas de atributos PAT y AAT. Se ha elegido este entorno por su gran extensión a nivel de usuario y su fácil utilización. El programa combina en una macro las diferentes consultas estructuradas para el cálculo del índice de adyacencia.

3. Resultados y discusión.

3.1. Estructura de datos.

La aplicación de la estructura de datos FDS según el modelo ArcInfo al mapa vectorial de áreas (unidades de Paisaje/Relieve del Alt Penedès-Anoia), ha producido un modelo con tres niveles topológicos (Figura 6). Estos se corresponden con los diferentes niveles de percepción de las relaciones topológicas entre sistema (SIG) y usuario. El nivel topológico inferior registra las relaciones a nivel de primitivos y es directamente entendible por el sistema. El nivel topológico superior entiende las relaciones entre objetos con existencia real o conceptual, a nivel global de todos los miembros agrupados por clases (UCs). El puente entre ambos niveles lo constituye el denominado nivel intermedio, que registra las relaciones parciales de las delineaciones (miembros de una clase o UC) con los elementos geométricos que los definen en el mapa vectorial. Este nivel se corresponde con el de objetos área en la FDS de Molenaar (1989).

Este modelo de niveles topológicos supone una modificación del propuesto por van Smaalen y Molenaar (1993) al considerar un nivel superior donde se registran las relaciones entre entidades no espaciales sino conceptuales: las clases. Por otra parte, los polígonos son considerados parte de un nivel intermedio. Son individuos o miembros de las clases con existencia espacial, teniendo por tanto atributos geográficos: localización, área, perímetro, forma, etc. El nivel inferior está representado por los primitivos: nodos, arcos y puntos-etiqueta, que sirven para identificar los polígonos.

3.2. Programa para la obtención automática del índice de adyacencia.

Del análisis de la estructura de datos del mapa vectorial de Paisaje/Relieve propuesta en la Figura 6, se deduce el procedimiento lógico para la obtención automática del índice de adyacencia (IA) mediante la manipulación de las tablas de atributos. Dicho procedimiento se muestra en la Figura 7. Se estructura en 4 fases (más una opcional si lo que se desea es solamente la adyacencia a una o varias UCs especificadas).

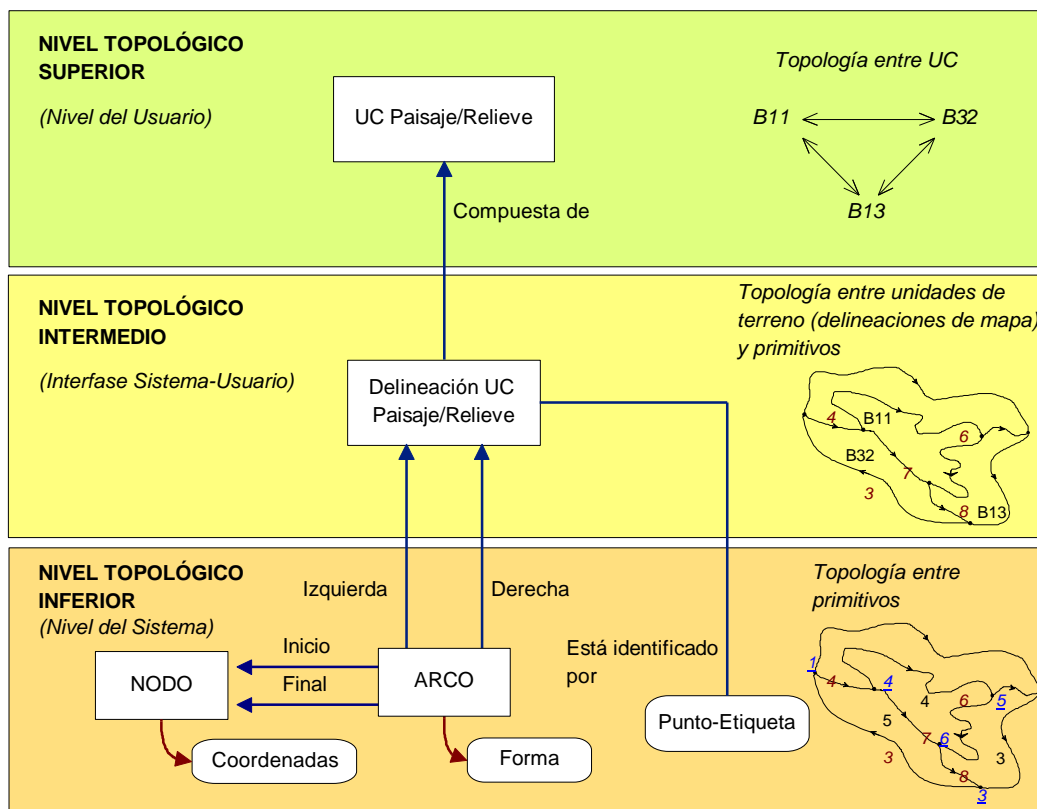


Figura 6. Niveles topológicos de la estructura de datos del mapa vectorial de unidades cartográficas utilizados para la obtención del índice de adyacencia. (En otras aplicaciones la entidad UC puede ser diferente a la de Paisaje/Relieve, p.e. unidades de vegetación, al igual que las delineaciones de las UCs).

La primera fase opera en los niveles topológicos inferior e intermedio, buscando los polígonos adyacentes y la UC a la que pertenecen a través de los arcos comunes que comparten. A nivel de consulta a las tablas de topología, esto se consigue mediante la relación de las tablas PAT y AAT por medio del identificador interno de los polígonos en la tabla PAT y sus homónimos RPOLY_ o LPOLY_ en la tabla AAT (Tabla 5).

El resultado son dos tablas, denominadas *arco* y *polígono a la derecha o izquierda* con los atributos: identificador del arco, longitud y clase de UC a la que pertenece el polígono a su derecha o izquierda.

Estas tablas son el punto de partida de la fase 2, con un doble objetivo: a) la búsqueda para cada delineación de una UC de los polígonos a su derecha o izquierda y b) la suma del perímetro o longitud de los arcos compartidos de los polígonos adyacentes pertenecientes a la misma UC.

La fase 3 opera en los niveles topológicos intermedio y superior de la Figura 6, ya que supone el cálculo del perímetro compartido entre combinaciones de UCs a partir de los parciales de cada delineación de la fase anterior y, por otra parte, el cálculo del perímetro total de las UCs a partir del de la suma de perímetros de cada delineación de una UC. A nivel de cálculo esta fase se ha resuelto mediante dos consultas SQL independientes, tal como se especifica en

El índice de adyacencia global entre UCs se obtiene finalmente mediante una relación entre perímetros compartidos y totales de la UC, que opera en el nivel topológico superior (fase 4). El resultado es una tabla con el IA de una unidad X con cada una de las otras UC consideradas en la leyenda del mapa vectorial.

De modo opcional, y a partir de la tabla final del IA, se puede seleccionar la adyacencia entre cualquier UC y la unidad Y, o bien entre la unidad X y la unidad Y. En la Tabla 5, y a modo de ejemplo utilizando el mapa de Paisaje/Relieve del Alt Penedès-Anoia, se muestra la consulta de selección del IA de las UCs del mapa a áreas de barrancos y *badlands*.

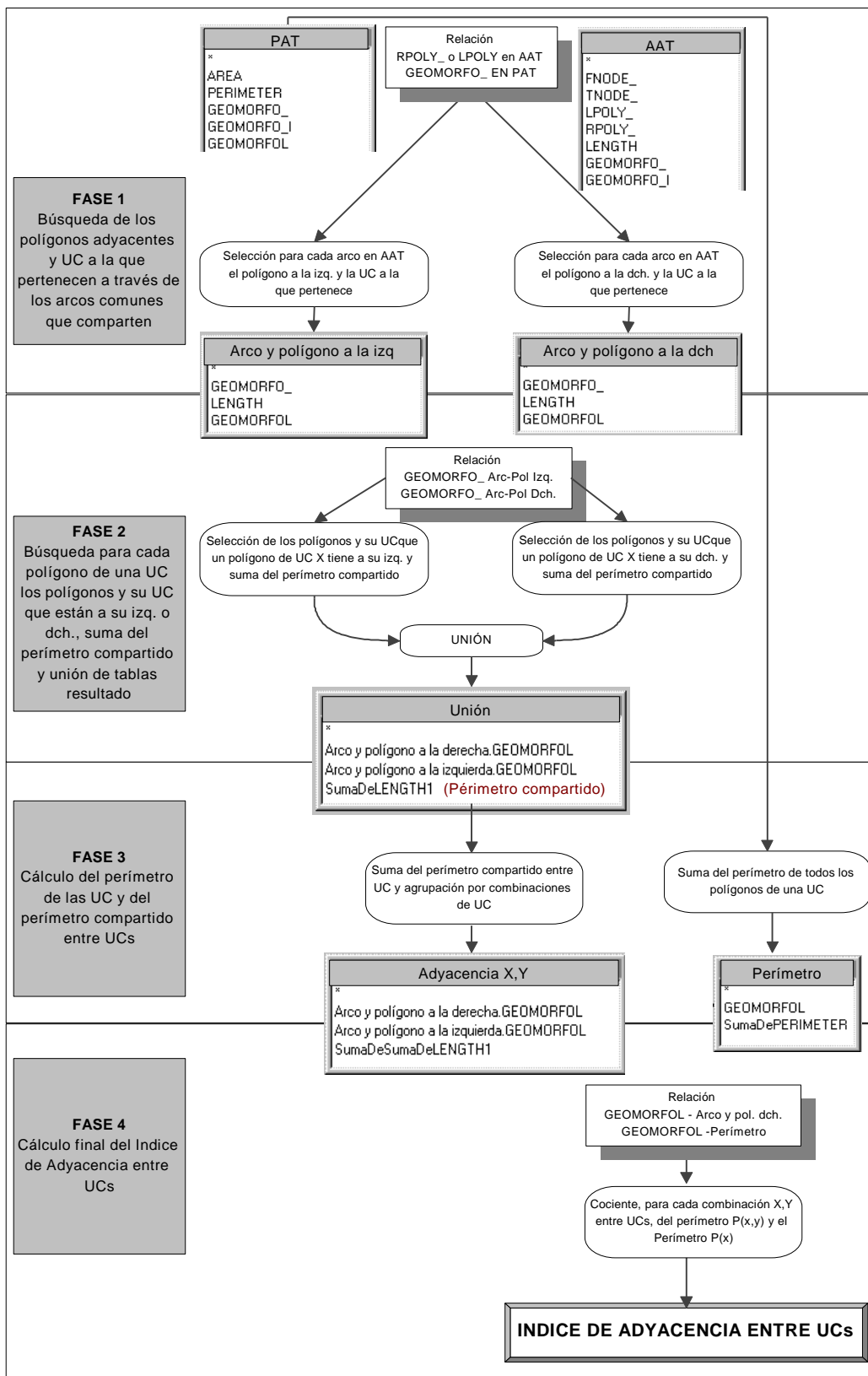


Figura 7. Diagrama de flujo con el procedimiento utilizado para el cálculo del índice de adyacencia a partir de las tablas de atributos del mapa vectorial de unidades cartográficas.

Tabla 5. Consultas SQL para la obtención del índice de adyacencia entre unidades del mapa vectorial de Paisaje/Relieve

FASE 1	
<p>Consulta Arco y Polígono a la Derecha</p> <pre>SELECT DISTINCTROW AAT.GEOMORFO_, AAT.LENGTH, PAT.GEOMORFOL FROM PAT INNER JOIN AAT ON PAT.GEOMORFO_ = AAT.RPOLY_;</pre>	<p>Consulta Arco y Polígono a la Izquierda</p> <pre>SELECT DISTINCTROW AAT.GEOMORFO_, AAT.LENGTH, PAT.GEOMORFOL FROM PAT INNER JOIN AAT ON PAT.GEOMORFO_ = AAT.LPOLY_;</pre>
FASE 2	
<p>Consulta de unión de tablas de adyacencia derecha-izquierda e izquierda-derecha</p> <pre>SELECT DISTINCTROW [Arco y polígono a la derecha].GEOMORFOL, [Arco y polígono a la izquierda].GEOMORFOL, Sum([Arco y polígono a la izquierda].LENGTH) AS SumaDeLENGTH1 FROM [Arco y polígono a la derecha] INNER JOIN [Arco y polígono a la izquierda] ON [Arco y polígono a la derecha].GEOMORFO_ = [Arco y polígono a la izquierda].GEOMORFO_ GROUP BY [Arco y polígono a la derecha].GEOMORFOL, [Arco y polígono a la izquierda].GEOMORFOL; UNION SELECT DISTINCTROW [Arco y polígono a la izquierda].GEOMORFOL, [Arco y polígono a la derecha].GEOMORFOL, Sum([Arco y polígono a la izquierda].LENGTH) AS SumaDeLENGTH FROM [Arco y polígono a la izquierda] INNER JOIN [Arco y polígono a la derecha] ON [Arco y polígono a la izquierda].GEOMORFO_ = [Arco y polígono a la derecha].GEOMORFO_ GROUP BY [Arco y polígono a la izquierda].GEOMORFOL, [Arco y polígono a la derecha].GEOMORFOL;</pre>	
FASE 3	
<p>Consulta de obtención de las Relaciones Adyacencia Pol X Pol Y</p> <pre>SELECT DISTINCTROW Unión.[Arco y polígono a la derecha].GEOMORFOL, Unión.[Arco y polígono a la izquierda].GEOMORFOL, Sum(Unión.SumaDeLENGTH1) AS SumaDeSumaDeLENGTH1 FROM Unión GROUP BY Unión.[Arco y polígono a la derecha].GEOMORFOL, Unión.[Arco y polígono a la izquierda].GEOMORFOL;</pre>	<p>Cálculo del perímetro</p> <pre>SELECT DISTINCTROW PAT.GEOMORFOL, Sum(PAT.PERIMETER) AS SumaDePERIMETER FROM PAT GROUP BY PAT.GEOMORFOL;</pre>

FASE 4**Consulta del cálculo del índice de adyacencia final**

```
SELECT DISTINCTROW [Relaciones Adyacencia Pol X Pol Y].[Arco y polígono a la derecha].GEOMORFOL,
[Relaciones Adyacencia Pol X Pol Y].[Arco y polígono a la izquierda].GEOMORFOL, [Relaciones Adyacencia
Pol X Pol Y].SumaDeSumaDeLENGTH1, perimetro.GEOMORFOL, perimetro.SumaDePERIMETER,
[Relaciones Adyacencia Pol X Pol Y]![SumaDeSumaDeLENGTH1]*100/[perimetro]![SumaDePERIMETER]
AS Expr1
FROM [Relaciones Adyacencia Pol X Pol Y] INNER JOIN perimetro ON [Relaciones Adyacencia Pol X Pol
Y].[Arco y polígono a la derecha].GEOMORFOL = perimetro.GEOMORFOL;
```

Consulta del cálculo del índice de adyacencia a barrancos o badlands

```
SELECT DISTINCTROW [Indice de adyacencia Final].[Arco y polígono a la derecha].GEOMORFOL, [Indice
de adyacencia Final].[Arco y polígono a la izquierda].GEOMORFOL, [Indice de adyacencia Final].Expr1
FROM [Indice de adyacencia Final]
WHERE ((([Indice de adyacencia Final].[Arco y polígono a la izquierda].GEOMORFOL)="M2"));
```

3.3. Aplicación al cálculo del IA de las UC del mapa vectorial de Paisaje/Relieve del Alt Penedès-Anoia.

El programa desarrollado para el cálculo del IA entre UCs de mapas vectoriales ha sido aplicado al mapa de Paisaje/Relieve del Alt Penedès-Anoia (Figura 8). En la Tabla 6 se muestran los resultados del IA entre UCs y áreas de barrancos o badlands.

Tabla 6. Índice de adyacencia entre unidades cartográfica del mapa de Paisaje/Relieve y las áreas de barrancos o badlands (Alt Penedès-Anoia).

Código Unidad Cartográfica	Índice adyacencia a barrancos (% perímetro)
A	5.6
B11	2.7
B12	21.8
B13	6.8
B2	39.9
B31	52.8
B32	30.2
B33	40.7
B34	14.7
B4	12.6
C1	11.2
C21	50.9
C22	45.4
C23	39.3
C24	22.6
D1	33.4
D21	12.9
D22	57.4
D23	36.8
D24	27.3
D3	4.7
E1	20.5
E2	10.4
E31	10.1
E32	40.5
E33	0

El IA de la Tabla 6, considerado como un atributo de la entidad UC, se analiza cartográficamente en la Figura 9. Hay que remarcar que la relación puesta de manifiesto en este mapa es una relación global a nivel de UC.

Estos resultados muestran la utilidad del empleo y automatización del cálculo del IA en estudios de erosión. En este caso, el IA muestra las áreas con mayor perímetro de contacto con zonas que sufren particulares procesos de erosión (desprendimiento de paredes por

movimientos en masa o deslizamientos, erosión de paredes por los cauces de los barrancos, etc.), lo cual repercute en las áreas adyacentes y en sus usos.

No obstante, el cálculo del IA en el nivel topológico superior de UC, y no en el intermedio de la delineación, puede enmascarar altos valores de IA en delineaciones con pequeña superficie que pertenecen a UCs con un bajo IA global. En este sentido, el cálculo de la adyacencia a nivel de delineación seguiría las mismas pautas que el proceso indicado en la Figura 7 hasta la fase 2 (inclusive). Este cálculo ha de considerarse como $P(x)$ en la Ecuación 1 el perímetro de la delineación en la tabla PAT.

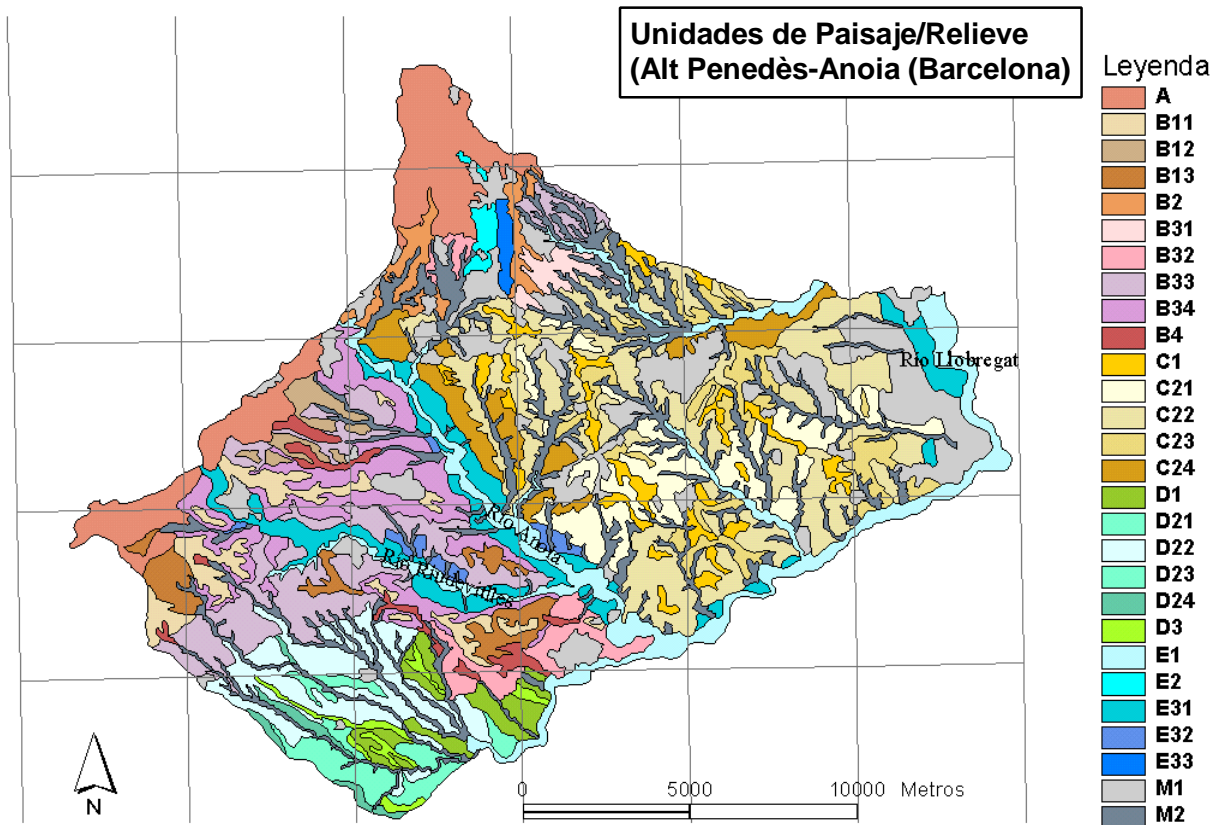


Figura 8. Unidades de Paisaje/Relieve del Alt Penedès-Anoia (Barcelona). (Ver descripción de la leyenda en la Tabla 1)

El IA a barrancos y *badlands* no debe tomarse como único indicador del riesgo de erosión en las unidades con un alto valor. Hay que considerar también otros factores como el grado de estabilización de las paredes de los barrancos (Martínez-Casasnovas y Cervera 1996).

4. Conclusiones

Del presente trabajo se desprende que la adecuada manipulación de las relaciones topológicas, que en una estructura vectorial quedan registradas en el nivel inferior de la estructura formal de datos, puede servir para la obtención de relaciones espaciales significativas en el nivel superior, que es en el cual se conciben las relaciones espaciales a nivel del usuario.

Este es el caso de la relación de adyacencia entre unidades cartográficas de mapas vectoriales de áreas. De este tipo es el ejemplo mostrado, relativo a las relaciones de adyacencia entre unidades de un mapa de unidades de paisaje/relieve. En este caso la relación de adyacencia se ha cuantificado y analizado cartográficamente por medio del denominado índice de adyacencia.

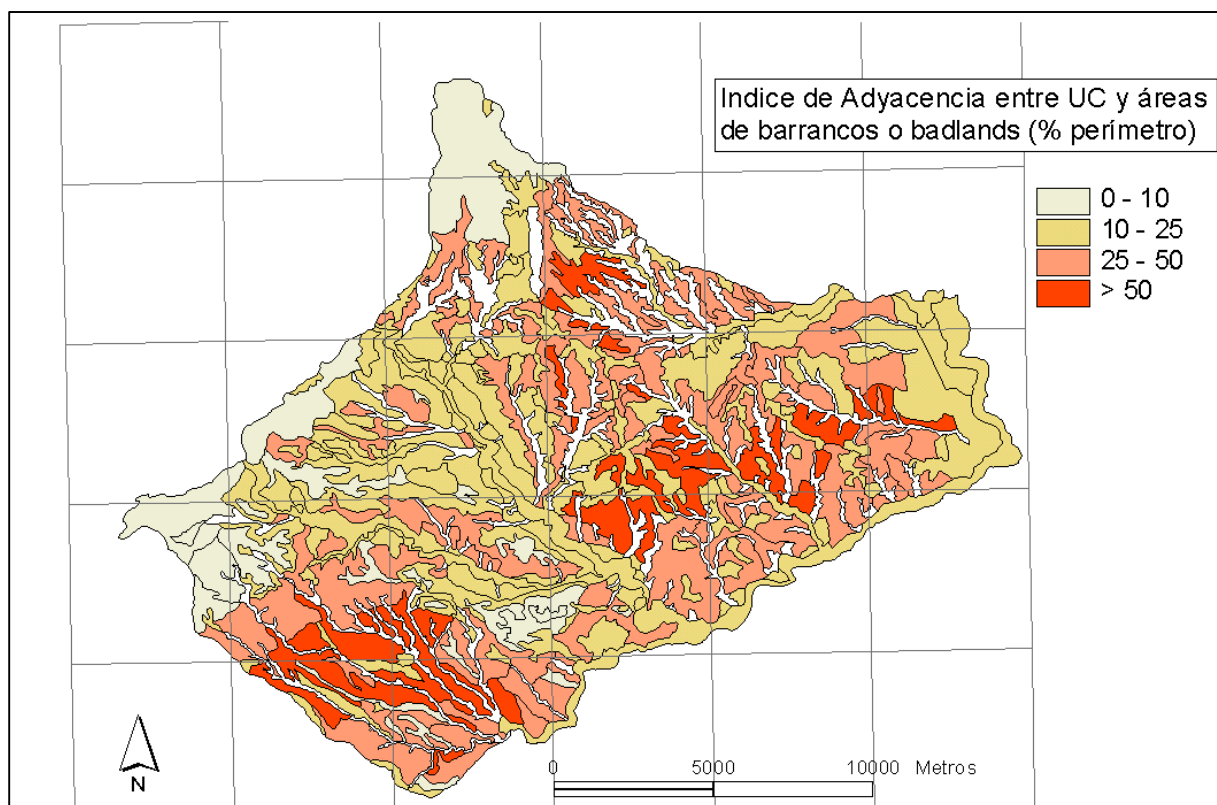


Figura 9. Índice de Adyacencia entre las unidades cartográficas de Paisaje/Relieve a las áreas de barrancos o *badlands* (Alt Penedès-Anoia, Barcelona).

La obtención automática de este índice se ha hecho mediante la manipulación de las tablas de atributos del mapa vectorial (PAT y AAT en ArcInfo) con un gestor de base de datos relacional, utilizando lenguaje de consulta estructurado (SQL).

Este índice no solo puede ser obtenido al nivel de clase de objetos área sino también a nivel de individuos de clase o delineaciones, dependiendo de las necesidades del usuario. El índice de adyacencia a nivel de clase puede ser utilizado como descriptor global de las relaciones entre unidades cartográficas, si bien su representación cartográfica puede enmascarar relaciones parciales con diferencias significativas en el valor del índice.

Los resultados obtenidos del cálculo del índice de adyacencia en el área de estudio han mostrado las unidades con mayor perímetro de contacto con las zonas de barrancos y badlands. Sin embargo, este índice no debe tomarse como único indicador del riesgo de erosión en las unidades geomorfológicas con un alto valor del índice de adyacencia. Esta información puede ser útil en la descripción de las unidades de paisaje/relieve.

5. Referencias bibliográficas

- Martínez-Casasnovas, J.A.** 1994. Hydrographic information abstraction fro erosion modelling at regional level. A database perspective in a GIS environment. MSc Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, Holanda.
- Martínez-Casasnovas, J.A. y M. Molenaar.** 1995. Aggregation hierarchies for multiple scale representations of hydrographic networks in GIS. Proceedings of the 17th International Cartographic Conference. Vol. 1: 358-362.
- Martínez-Casasnovas, J.A. y T. Cervera.** 1996. Gully erosion mapping by remote sensing techniques. A case study in the Anoia-Penedès region (NE Spain). Primer Congreso Europeo sobre el Control de la Erosión, Sitges (Barcelona).
- Molenaar, M.** 1989. Single valued vector maps. A concept in GIS. *Geo-Information Systemes*, 2(1): 18-26.
- Molenaar, M.** 1993. Object hierarchies and uncertainty in GIS or Why is standarisation so difficult. *Geo-Information Systemes*, 6(3).
- Moleaar, M. y J.A. Martínez-Casasnovas.** 1996. A formalism for the structural description of vector maps, and its use for multi-scale representations: a hydrographic example. *Cartographica*, 33(1): 55-63.
- Tobler, W.R.** 1970. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*, 46.
- Van Smaalen, J.W.N.** 1996. Spatial abstraction based on hierarchical reclassification. *Cartographica*, 33(1): 64-72.
- Van Smaalen, H.W.N. y M. Molenaar.** 1993. Feature level for Arcinfo using the Arcinfo-Oracle interface. Wageningen Agricultural University, K075-702. Wageningen, Holanda.
- Zink, J.A. y C.R. Valenzuela.** 1990. Soil geographic database: structure and application examples. *ITC Journal* 1990-3: 270-294.
- Zink, J.A.** 1998. Physiography and soils. Soil Survey Courses. Subject matter K6. ITC Lecture Notes SOL-41.