



UNIVERSITAT DE LLEIDA
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària
Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl

**Suelo-Paisaje-Erosión. Erosión por cárcavas y barrancos en el
Alt Penedès – Anoia (Cataluña).**

Un enfoque de estudio mediante tecnologías de la información espacial: Bases de
Datos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección.

**Soil-Landscape-Erosion. Gully erosion in the Alt Penedès –
Anoia (Catalonia).**

A spatial information technology approach: Spatial databases, Geographical
Information Systems and Remote Sensing



Universitat de Lleida
Registre General

15 SET. 1998

Memoria presentada por:

José Antonio Martínez Casasnovas

Para optar al grado de Doctor



E: 4886

S:

Director: Prof. Dr. Jaume Porta i Casanellas

El director de la tesis,

El doctorando,

Lleida, septiembre de 1998

2. Análisis morfométrico y morfográfico de geoformas en el Alt Penedès – Anoia

2.1. Introducción

2.1.1. Objetivo

La Geomorfología es considerada como uno de los principales factores formadores de los suelos y uno de los factores que influyen o determinan el riesgo de erosión hídrica.

La relación existente entre unidades geomorfológicas y unidades de suelos se debe a su origen y evolución comunes, lo que permite establecer unidades morfoedáficas (Gaucher 1981). Numerosos autores han reconocido y/o utilizado las formas del terreno (geoformas) como clave para identificar los límites de cuerpos naturales de suelos, para explicar su génesis y para estructurar la información de suelos, tanto en las leyendas de los mapas de suelos como más recientemente en bases de datos espaciales de suelos (Gerrard 1981, Wambeke y Forbes 1985, Meijerink 1988, Valenzuela 1988, Agbu *et al.* 1989, Kreznor *et al.* 1989, Walker 1989, Roca *et al.* 1990, Swanson 1990, Zinck y Valenzuela 1990, Martínez-Casasnovas 1992, Nizeyumana y Bick 1992, Stalt *et al.* 1993a, Stalt *et al.* 1993b).

Por otra parte, la relación existente entre las características morfométricas y morfográficas del terreno con los procesos superficiales de movimiento del agua y procesos de erosión-deposición de los suelos ha hecho que la cartografía geomorfológica y/o la de los principales atributos morfométricos del terreno hayan sido utilizadas como herramientas en la identificación y delimitación de áreas con existencia o con riesgo de erosión hídrica (Schumm y Hadley 1961, Williams and Morgan 1976, Kreznor *et al.* 1989, van Ghelue y van Molle 1990, Hernández 1991). En este sentido, la tecnología de los sistemas de información geográfica (SIG) ha abierto, a partir de los años 80 y 90, nuevas posibilidades, no sólo para el análisis morfométrico de las geoformas (Meijerink 1988, Dikau 1989, Moore *et al.* 1991), sino también para la modelización de los efectos topográficos en la localización de áreas con riesgos de erosión laminar y por cárcavas (Moore *et al.* 1988, Mitsova *et al.* 1996).

En este contexto, el objetivo de la presente investigación es la cartografía y el análisis morfométrico y morfográfico de las geoformas del Alt Penedès – Anoia, como base para el estudio de las relaciones con los procesos superficiales relativos a la formación y evolución de los suelos y de la erosión hídrica. Este estudio se ha realizado a escala 1:50.000, correspondiente a un nivel semidetallado. Se ha desarrollado un proceso metodológico basado en el uso de fotografías aéreas, modelos digitales de elevaciones y SIG para llevar a cabo la delineación de las geoformas y su análisis morfométrico y morfográfico.

Como antecedente a dicho análisis, se recoge en primer lugar una revisión bibliográfica referente a la geología de la zona. Esta revisión se basa en los trabajos del IGME (1973, 1975a, 1975b, 1975c), Gallart (1980 y 1981) y Cabrera (1981). Este estudio ha permitido conocer la naturaleza de los materiales litológicos que conforman el área de estudio como condicionantes de las formas del terreno, suelos actuales y la dinámica y evolución del área.

2.1.2. Síntesis de la geología del Alt Penedès - Anoia

Dos grandes unidades geográficas constituyen la totalidad del marco abarcado por el área de estudio: la Sierra Prelitoral (Macizo del Gayà) y la Depresión del Vallès-Penedès (dominio de l'Alt Penedès).

La Depresión del Vallès-Penedès es una de las fosas tectónicas más importantes de los Catalánides, atribuyéndosele una edad aproximada de entre 25 a 2 millones de años, Oligocena a Neógena superior (Arthaud *et al.* 1977 en Cabrera 1981). Las fracturas más importantes que limitan la depresión tienen una orientación SW - NE (límites con la Sierra Prelitoral y con la Sierra Litoral). Otras fracturas atraviesan también la fosa de NW a SE (fallas de Capellades-Vallcarca y del Llobregat), habiendo definido en ella tres dominios sedimentarios diferentes: Vallès, Alt Penedès y Baix Penedès (Figura 2.1).

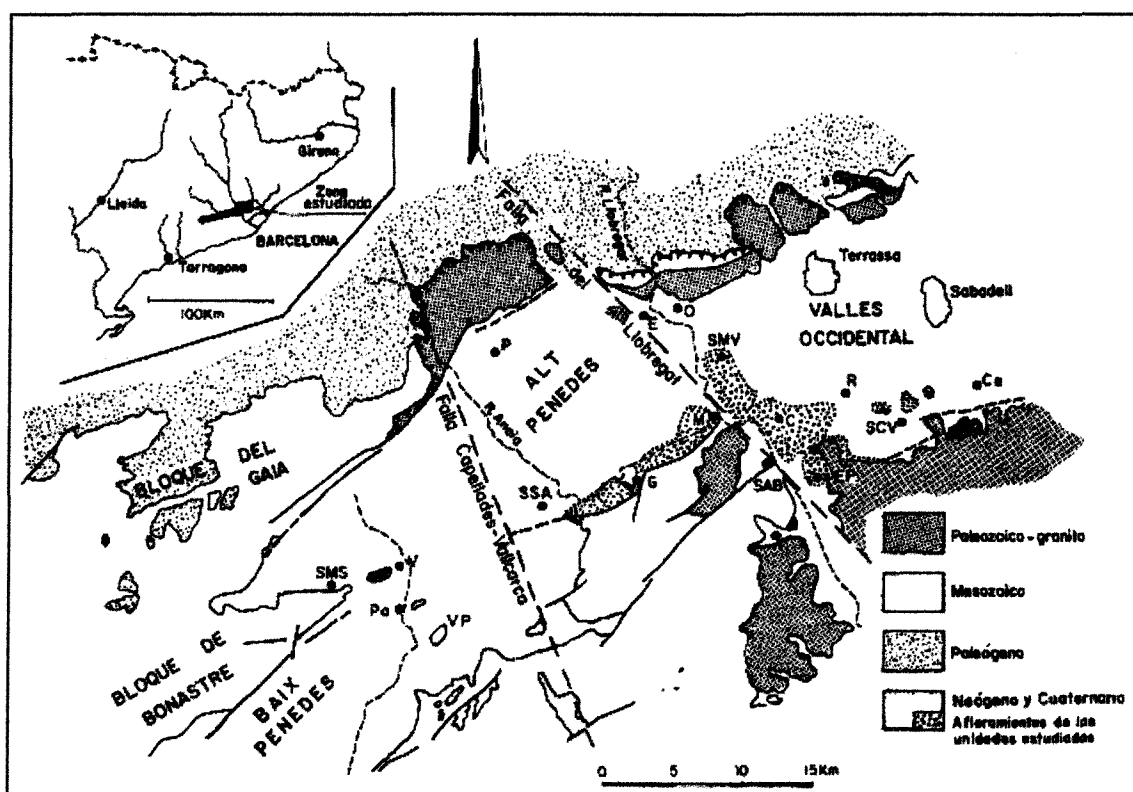


Figura 2.1. Esquema geológico y disposición de las fallas de la Depresión del Vallès - Penedès, (fuente: Cabrera 1981). Localidades: C, Castellbisball; Ce, Cerdanyola; E, Esparraguera; EP, El Papiol; G, Gelida; M, Martorell, O, Olesa; P, Píera; Pa, Pacs; R, Rubí; SAP, Sant Andreu de la Barca; SCV, Sant Cugat del Vallès; SMS, Sant Martí Sarroca; SMV, Sta. Mª de Vilalba; SSA Sant Sadurn d'Anoia; V, Vilobí; VP, Vilafranca del Penedès.

Los hundimientos diferenciales de estas fallas han condicionado la sedimentación detrítica continental en la depresión, influyendo en la distribución y dinámica de las macrounidades estructurales y produciendo diferentes patrones de denudación.

Los materiales más antiguos de la fosa se hallan relacionados a la falla que limita la depresión por el SE (Sierra Litoral). Posteriormente la atenuación o detención de las fallas de este

margen, y el progresivo levantamiento relativo del bloque del Gayà, simultáneo al hundimiento de la fosa, dio lugar a una depresión asimétrica. Esto significó cambios radicales del dispositivo sedimentario: la sedimentación de las litofacies propias de zonas proximales queda restringida al margen septentrional de la fosa, mientras que en sus zonas centrales y meridionales se establecen los ambientes deposicionales propios de zonas medias o distales. Este hecho lo revela la disposición basculada del relleno sedimentario hacia el NW, el relieve más enérgico del labio levantado, y el sentido del aporte del mismo relleno en dirección NW-SE (Gallart 1981).

La sedimentación se desarrolló fundamentalmente en sistemas de abanicos aluviales, con zonas proximales a la Sierra Prelitoral donde es detrítico gruesa, y áreas distales donde la sedimentación de finos se alternaba con la de carbonatos lacustres. Los materiales que rellenan la fosa se relacionan con las áreas fuente de la Sierra Prelitoral: a) El zócalo paleozoico, que aflora en la zona al norte de Sant Quintí de Mediona, constituido por materiales pizarrosos afectados de metamorfismo regional, y b) materiales mesozoicos que afloran en la zona centro y sur, principalmente arcillas, calcilutitas y calizas dolomíticas del Keuper, dolomías jurásicas y calizas cretácicas.

Durante el Burdigaliense Superior se produjo una transgresión marina (Magné 1979 en Cabrera 1981), extendiéndose sobre las zonas medias y distales de los abanicos aluviales y areniscas y calcilutitas de las zonas más distales (valle del Anoia). Los materiales depositados durante esta época en la fosa y hasta el Mioceno Superior son:

- a) Arcillas con bancos calcáreos detríticos e intercalaciones detríticas, que comprenden la mayoría de los materiales marinos con algunas intercalaciones continentales.
- b) Limos y arcillas de color amarillo y rosado con paleocanales de gravas (lentejones) de gravas sin cementar, que comprenden la mayor parte de los materiales continentales (Astaracienses y Vallesianos), encontrándose también algunos paleosuelos. (Esto podría indicar la existencia de relieves dentro de la depresión, habiendo cubetas locales).

La finalización del Mioceno (hace unos 5 millones de años) coincide con una regresión marina general, favoreciéndose las deposiciones fluvio-torrenciales en las zonas de mayor subsidencia (IGME 1973, Gallart 1980). Esta subsidencia es mayor en la parte proximal a la Sierra Prelitoral, estando asociada al progresivo levantamiento del labio superior de la falla NW de la fosa durante el Mioceno y Plioceno (Figura 2.2).

Durante el Plioceno (entre 5 y 3 millones de años) se deposita, sobre la formación continental de limos, arcillas y conglomerados sin cementar una formación detrítico gruesa roja, dispuesta en algunos sectores en discordancia erosiva. Esta formación, denominada por Gallart (1980) "*conglomerados del Riudevittles*", está compuesta por cantos y gravas predominantemente calizos, cementados, con intercalaciones de materiales arenosos y arcillosos, y puede llegar a tener un espesor de hasta 100 m.

Esta formación se dispone en una franja paralela a la falla NW de la fosa, según una forma triangular que tiene su base enraizada en la Sierra Prelitoral. Se extiende unos 10 km hasta Sant Sadurní d'Anoia y tiene como eje el río Riudevittles.

El Pleistoceno se inicia con la deposición de materiales que darán lugar a una morfología en glacis sobre la formación de conglomerados. A pesar de haberse acumulado de la misma forma que estos, los materiales del glacis son formaciones superficiales donde han actuado los procesos de edafogénesis, y en concreto la cementación de los cantos y gravas por carbonato cálcico, habiéndose desarrollado horizontes petrocálcicos. La Plana de Les Estoses y La Plana del Corral Nou son ejemplos de estas formaciones, que marcan el fin del periodo de acumulación en la fosa y el inicio de la erosión.

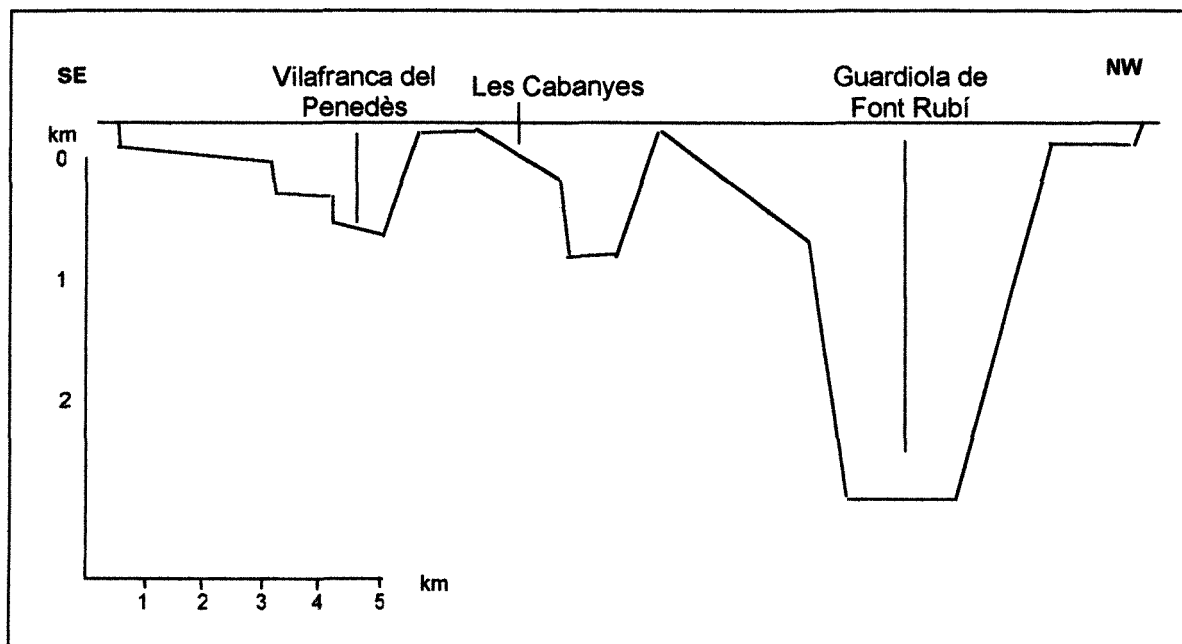


Figura 2.2. Interpretación geológica del perfil gravimétrico transversal de la cuenca del Penedès. Destaca el considerable grosor de los sedimentos neógenos en la parte noroccidental de la cuenca. (Fuente: Casas y Permanyer en Folch 1986).

Es de destacar que las formaciones más importantes de conglomerados se relacionan con el río Riudeviltles y no con el Anoia, por tener el primero un carácter más torrencial respecto al más fluvial del Anoia, cuya cuenca de captación, con mayor superficie, se extiende hasta la cuenca terciaria del Ebro. Este hecho podría haber influido para que en el margen izquierdo del Anoia no se depositasen este tipo de materiales, (tan solo en el área más próxima a la falla: Sierra del Bardoch).

Un origen similar y contemporáneo a los conglomerados del Riudeviltles es el de los materiales denominados de "Piera" (Gallart 1980). Se diferencian de los primeros por la distinta litología de los materiales del área fuente (pizarras paleozoicas). Estos sedimentos fueron depositados en conos de deyección por torrentes con origen en la Sierra Prelitoral (Riera de Can Aguilera, Arroyo del Coral o sus antecesores). Sobre los materiales más superficiales han actuado procesos edafogénicos, que han favorecido el lavado de carbonatos en la parte superior del perfil y la iluviación de arcilla, formándose horizontes argílicos, y cálcicos o petrocálcicos bajo los argílicos.

Todos estos hechos han condicionado el modelado cuaternario del relieve, cuyo rasgo fundamental es el predominio de la erosión y la incisión de la red de drenaje. Las formas en la

depresión se escalonan en tres niveles fundamentales respecto al nivel de base (río Anoia). La formación más elevada (tercer nivel) corresponde a la culminación de los conglomerados del Riudeviltles (140 - 160 m sobre el Anoia). El segundo nivel está representado por amplios glaciares, formados por materiales de origen coluvial, elevados entre 35 - 50 m sobre el Anoia, desarrollados sobre materiales aluviales a lo largo de varios periodos de incisión y edafogénesis. En este nivel aparecen restos de horizontes argílicos y horizontes de acumulación de carbonato cálcico, que han sido truncados por la erosión y cubiertos por materiales más recientes. El primer nivel está formado por terrazas y glaciares, con una altura relativa de entre 20 - 30 m sobre el nivel del Anoia. Este nivel está bien conservado y en él se han observado procesos de lavado y acumulación de carbonato cálcico, sin cementaciones. El nivel cero está constituido por la llanura aluvial, con un periodo de retorno de 20 - 25 años (Gallart 1980), y en la que actualmente se observa una tendencia al encajamiento.

El relieve en la zona al norte del Río Anoia es significativamente más pronunciado que hacia el sur de los conglomerados del Riudeviltles. Este hecho estaría ligado al juego de la falla Capellades-Vallcarca (Figura 2.1), cuyo labio levantado correspondería a la zona al norte del Anoia. En esta zona, donde afloran materiales neógenos incoherentes, se han encajado una serie de barrancos con paredes casi verticales. Esto pone de manifiesto la poca plasticidad de los materiales que rellenan esta parte de la fosa. En la mayoría de los casos, evolucionan por movimientos en masa caracterizados por desprendimiento de bloques a favor de fisuras paralelas al escarpe. Muchas de las cárcavas y los barrancos tienen un origen antrópico, a favor de antiguos caminos o canales de desagüe de parcelas agrícolas. Actualmente, la gran diferencia de cotas respecto al nivel de base actual y la mencionada incoherencia de los materiales, hacen que el riesgo de disección sea muy elevado en esta zona.

Hacia el sur de los conglomerados del Riudeviltles el paisaje es diferente. El encajamiento de los cursos fluviales es menor y por tanto las diferencias de altitud relativa con respecto al nivel de base local.

La dinámica actual es una tendencia al encajamiento de la red de drenaje, que será mayor en aquellas zonas donde la altitud relativa con respecto al nivel de base actual (río Anoia) sea mayor. En paralelo a este encajamiento se produce una importante denudación de los suelos, por una aceleración de los procesos de erosión laminar y de arroyada, debido a las actuaciones de carácter antrópico. Estas actuaciones han favorecido desde hace varios siglos el aclareo y/o eliminación de la cubierta vegetal del suelo con fines de transformación agrícola, especialmente para la plantación de viñedos.

2.2. Materiales y métodos

2.2.1. Sistema de clasificación de las geoformas (unidades de relieve)

Para la identificación, clasificación y caracterización de las geoformas o unidades de relieve se ha utilizado el sistema de clasificación jerárquica propuesto por Zinck (1988). Este sistema de clasificación se basa en los principios de la teoría jerárquica de Haigh (Zinck y Valenzuela 1990) y tiene 6 niveles que se corresponden con otras tantas categorías, y se ordenan jerárquicamente según diferentes niveles de abstracción (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Sistema de clasificación de geoformas (Zinck 1988).

Nivel	Categoría	Concepto genérico	Descripción - Definición
6	Orden	Geoestructura	Gran área continental caracterizada por su estructura geológica (p.e. cordillera, geosinclinal).
5	Suborden	Ambiente morfológico	Tipo de medio biofísico originado y controlado por un tipo de geodinámica interna y/o externa (p.e. estructural, deposicional, erosional).
4	Grupo	Paisaje	Área caracterizada por la repetición de tipos de relieve similar o por una asociación de relieves diferentes (p.e. valle, montaña, pie de monte).
3	Subgrupo	Relieve	Determinado por una combinación dada de topografía y estructura geológica o bien por condiciones morfoclimáticas específicas (p.e. glacis, terraza, etc.).
2	Familia	Substrato	Litología y facies.
1	Subfamilia	Forma del terreno	Geoforma elemental, caracterizada por una única combinación de geometría, dinámica e historia.

Los atributos o características para clasificar el territorio según este sistema son de 4 tipos:

- a) Atributos morfográficos, descriptores de la geometría de las geoformas: forma topográfica, perfil topográfico, exposición, patrón de la red de drenaje, unidades adyacentes.
- b) Atributos morfométricos, descriptores de las dimensiones de las geoformas: amplitud del relieve, densidad de drenaje, grado de pendiente.
- c) Atributos morfogenéticos, descriptores de la dinámica de las geoformas (origen y evolución): distribución del tamaño de las partículas, estructura de los materiales litológicos, mineralogía y consistencia.
- d) Atributos morfocronológicos, descriptores de las geoformas dentro de un contexto temporal: edad absoluta, edad relativa, estratigrafía.

Para el estudio semidetallado del área de estudio se han utilizado las 4 categorías inferiores del sistema de clasificación: paisaje, relieve, substrato y forma del terreno. A este nivel, la unidad básica de descripción elegida es la unidad de relieve, que puede agrupar, en forma de asociación, a formas del terreno elementales que no pueden ser representadas por si solas a este nivel de detalle.

2.2.2. Cartografía y caracterización morfométrica y morfográfica de las geoformas

El proceso metodológico seguido para la identificación y caracterización de las geoformas se describe esquemáticamente en la Figura 2.3.

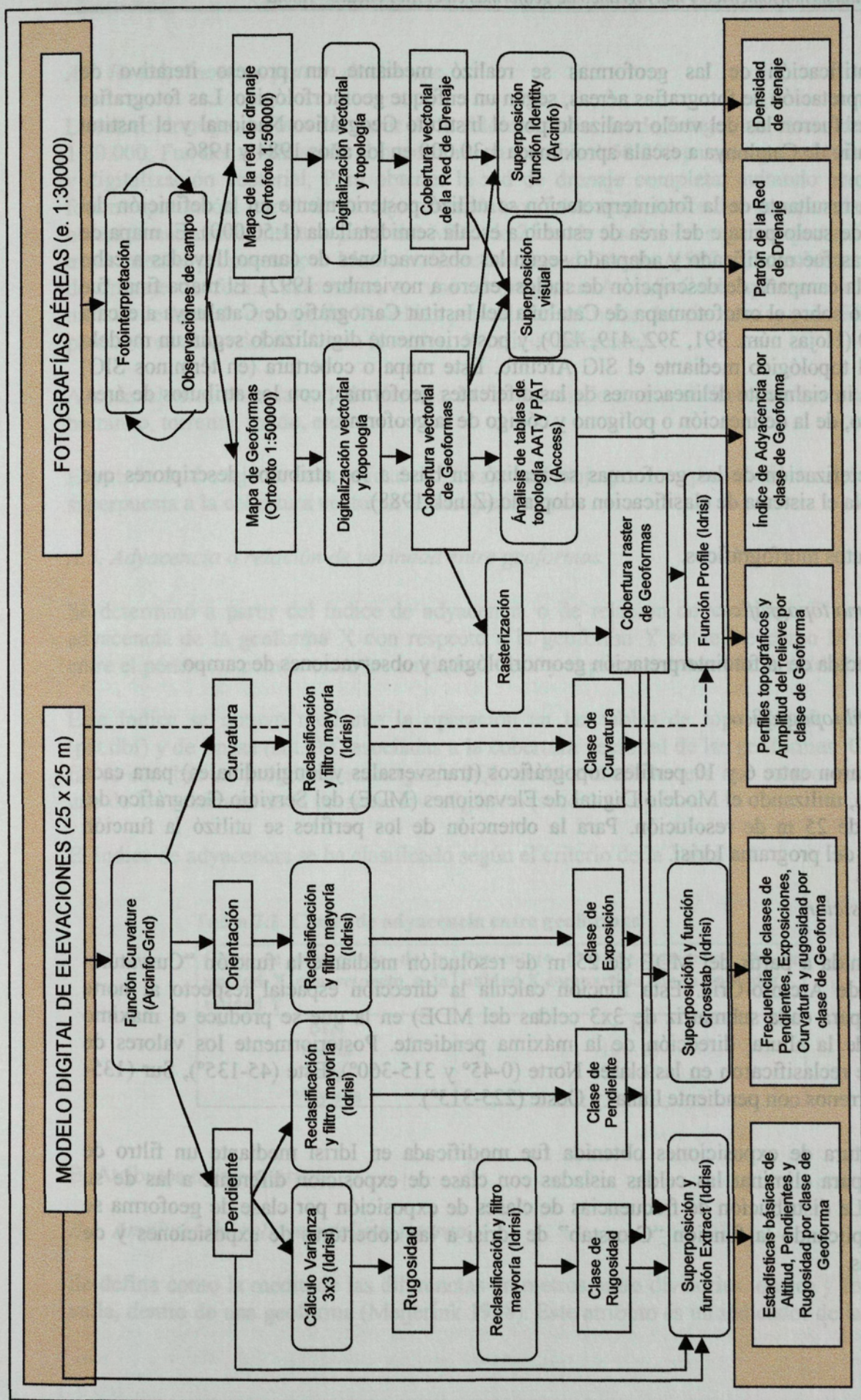


Figura 2.3. Proceso metodológico llevado a cabo para la identificación y caracterización de las geoformas.

La identificación de las geoformas se realizó mediante un proceso iterativo de fotointerpretación de fotografías aéreas, según un enfoque geomorfológico. Las fotografías utilizadas fueron las del vuelo realizado por el Instituto Geográfico Nacional y el Institut Cartogràfic de Catalunya a escala aproximada 1:30.000 en los años 1984 y 1986.

El mapa resultante de la fotointerpretación se utilizó posteriormente en la definición del modelo de suelo-paisaje del área de estudio a escala semidetallada (1:50.000). El mapa de geoformas fue modificado y adaptado según las observaciones de campo llevadas a cabo durante la campaña de descripción de suelos (enero a noviembre 1992). El mapa final fue delineado sobre el ortofotomapa de Cataluña del Institut Cartogràfic de Catalunya a escala 1:50.000 (Hojas núm. 391, 392, 419, 420), y posteriormente digitalizado según un modelo vectorial topológico mediante el SIG Arcinfo. Este mapa o cobertura (en términos SIG) contenía inicialmente delineaciones de las diferentes geoformas, con los atributos de área, perímetro, de la delineación o polígono y código de la geoforma.

La caracterización de las geoformas se realizó en base a los atributos descriptores que contempla el sistema de clasificación adoptado (Zinck 1988).

A. Atributos morfográficos.

A.1. Forma topográfica.

Fue deducida de la fotointerpretación geomorfológica y observaciones de campo.

A.2. Perfil topográfico.

Se realizaron entre 6 y 10 perfiles topográficos (transversales y longitudinales) para cada geoforma, utilizando el Modelo Digital de Elevaciones (MDE) del Servicio Geográfico del Ejército de 25 m de resolución. Para la obtención de los perfiles se utilizó la función "Profile" del programa Idrisi.

A.3. Exposición.

Fue obtenida a partir del MDE de 25 m de resolución mediante la función "Curvature-Aspect" de Arcinfo-Grid. Esta función calcula la dirección espacial respecto al norte (medida para cada submatriz de 3x3 celdas del MDE) en la que se produce el máximo cambio de la altura: dirección de la máxima pendiente. Posteriormente los valores de acimut se reclasificaron en las clases Norte (0-45° y 315-360°), Este (45-135°), Sur (135-225° y terrenos con pendiente llana) y Oeste (225-315°).

La cobertura de exposiciones obtenida fue modificada en Idrisi mediante un filtro de mayoría para eliminar las celdas aisladas con clase de exposición diferente a las de su entorno. La distribución de frecuencias de clases de exposición por clase de geoforma se obtuvo aplicando la función "Crosstab" de Idrisi a las coberturas de exposiciones y de geoformas.

A.4. Red de drenaje y patrón de drenaje.

La red de drenaje se obtuvo a partir de la fotointerpretación de fotografías aéreas de escala 1:30.000. Fue delineada sobre el ortofotomapa a escala 1:50.000 para su georeferenciación y digitalización vectorial. Para obtener la red de drenaje completa, evitando errores de fotointerpretación, la red de drenaje obtenida por fotointerpretación fue comparada con la obtenida automáticamente a partir del MDE de 25 m de resolución según el procedimiento experimental propuesto por Martínez-Casasnovas and Stuver (1998). Para obtener la red de drenaje de forma automática se usó el programa Arcinfo-Grid, aplicando un valor umbral de área de drenaje de 38 celdas para el área al norte del río Anoia, y de 63 celdas para el área al sur del río Anoia (con tipo de relieve diferente).

A cada elemento de la red de drenaje le fue asociado como atributo su tipo: cárcava, barranco, torrente, fondo, etc.

El patrón de drenaje en cada unidad de paisaje se dedujo por interpretación visual de la red superpuesta a la cobertura vectorial de las geoformas.

A.5. Adyacencia o relación de vecindad entre geoformas.

Se determinó a partir del índice de adyacencia o de relación de vecindad. El índice de adyacencia de la geoforma X con respecto a la geoforma Y se define como la relación entre el perímetro común entre las unidades X e Y y el perímetro total de la unidad X.

Este índice se obtuvo mediante la operación en las tablas de topología de polígonos (pat.dbf) y de líneas (aat.dbf) asociadas a la cobertura vectorial de las geoformas. Con este fin se escribió un programa en lenguaje SQL de Microsoft Access que se presenta como uno de los resultados de la presente investigación (sección 5.1).

El índice de adyacencia se ha clasificado según el criterio de la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Clases de adyacencia entre geoformas.

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

B. Atributos morfométricos.

B.1. Amplitud del relieve o relieve interno.

Se define como la media de las diferencias en metros entre divisorias locales y fondos de valle, dentro de una geoforma (Meijerink 1988). Este atributo es un indicador de la energía

potencial media disponible en la unidad de terreno considerada para remover materiales de las vertientes: a mayor amplitud mayor será el efecto de los agentes erosivos actuantes.

Se ha medido a partir de los perfiles topográficos realizados sobre el modelo digital de elevaciones mediante la función "Profile" de Idrisi.

Las clases de amplitud de relieve consideradas para su evaluación son las propuestas por Meijerink (1988) (Tabla 2.3).

Tabla 2.3. Clases de amplitud de relieve o relieve interno (Meijerink 1988).

Clase	Intervalo de amplitud de relieve (m)
Llano o casi llano	0 - 1.5
Escaso o intermedio	1.5- 10
Moderado	10 - 20
Relativamente alto	20 - 35
Alto	35 - 50
Muy alto	> 50

B.2. Densidad de drenaje.

Fue definida por Horton (1945) como la suma de la longitud de los elementos de drenaje en relación a la superficie considerada. Es una de las propiedades más relevantes en la descripción morfométrica de cuencas y unidades geomorfológicas, ya que es una medida del grado de disección del paisaje. También es indicativa de la capacidad del paisaje para transportar los materiales erosionados (Stocking 1972, Millington 1986) y ha sido usada como índice de la severidad de erosión (Gregory y Gardiner 1975, Iona 1972 y Mikhailov 1972 en Millington 1986). Otros autores consideran que refleja las áreas más expuestas a la fuerza erosiva del agua (Hernández 1991). A pesar de estas afirmaciones, la densidad de drenaje debe ser considerada como un índice de la escorrentía que se produce en un área más que como un índice de erosión (Morgan 1973, Sheng 1990).

La densidad de drenaje se obtuvo mediante la superposición vectorial con la función "Identity" de Arcinfo entre la cobertura de la red de drenaje y la cobertura de geoformas. El valor de la densidad de drenaje se evaluó según el criterio propuesto por Meijerink (1988) (Tabla 2.4).

Tabla 2.4. Clases de densidad de drenaje (adaptado de Meijerink 1988).

Clase	Intervalo de densidad de drenaje km km ⁻²
Baja	< 0.5
Baja-Moderada	0.5 - 1.5
Moderada	1.5 - 3.0
Moderada-Alta	3.0 - 7.5
Alta	7.5 - 20
Muy alta	> 20

B.3. Pendiente.

Es el grado de cambio de la elevación del terreno en relación a la distancia en las direcciones X y/o Y. En relación a los procesos de génesis y dinámica del paisaje y de los

suelos, actúa como agente en el transporte de partículas, tanto por gravedad como por la escorrentía superficial. Es uno de los descriptores del relieve más correlacionados con la erosión, y usado por ello en la mayoría de los modelos de predicción de erosión, tanto cualitativos como cuantitativos.

Para la determinación de la pendiente, al igual que para otras variables topográficas como la curvatura y rugosidad (variabilidad espacial de la pendiente) se ha usado el modelo digital de elevaciones de 25 m, aplicando la función "Curvature" de Arcinfo-Grid. Esta función considera un polinomio de 4º orden (Zevenbergen y Thorne 1987, Moore *et al.* 1991), que se ajusta a la superficie del terreno (representada por el modelo digital de elevaciones, Figura 2.4) (Ecuación 2.1).

Ecuación 2.1 $Z = AX^2Y^2 + BX^2Y + CXY^2 + DX^2 + EY^2 + FXY + GX + HY + I$

Los coeficientes de esta ecuación son calculados para cada submatriz de 3x3 celdas del MDE según las siguientes ecuaciones (Ecuación 2.2).

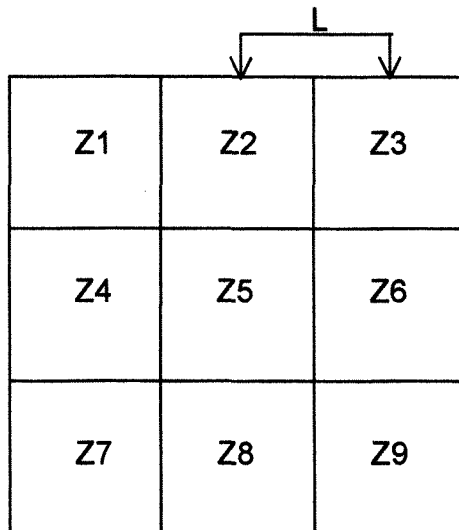


Figura 2.4. Representación de una submatriz de 3x3 celdas del Modelo Digital de Elevaciones. Los valores Zi representan la altitud en el punto central de la celda y L es la distancia entre celdas o resolución del MDE.

Ecuación 2.2

$$A = [(Z_1+Z_3+Z_7+Z_9)/4 - (Z_2+Z_4+Z_6+Z_8)/2 + Z_5] / L^4$$

$$B = [(Z_1+Z_3-Z_7-Z_9)/4 - (Z_2-Z_8)/2] / L^3$$

$$C = [(-Z_1+Z_3-Z_7+Z_9)/4 + (Z_4-Z_6/2)] / L^3$$

$$D = [(Z_4+Z_6)/2 - Z_5] / L^2$$

$$E = [(Z_2+Z_8)/2 - Z_5] / L^2$$

$$F = (-Z_1+Z_3+Z_7-Z_9) / 4L^2$$

$$G = (-Z_4+Z_6) / 2L$$

$$H = (Z_2 - Z_8) / 2L$$

$$I = Z_5$$

A partir de estas relaciones, la pendiente, que representa la primera derivada de la altitud en el espacio, se calculó según la Ecuación 2.3.

$$\text{Ecuación 2.3} \quad \tan \beta = [(\delta Z / \delta X)^2 + ((\delta Z / \delta Y)^2)]^{-1/2} \quad [\text{m m}^{-1}]$$
$$\tan \beta = (G^2 + H^2)^{-1/2} \quad [\text{m m}^{-1}]$$

Siendo G y H los coeficientes de la Ecuación 2.2.

Una vez calculada la pendiente (en %) se reclasificó según los intervalos de clase propuestos por el Soil Conservation Service (1981). Finalmente a la cobertura resultante se le aplicó un filtro de mayoría para reducir la variabilidad.

B.4. Curvatura.

Es una variable topográfica que representa el grado de cambio de la pendiente en el espacio. Tiene componentes en dos direcciones: planta y perfil.

- Curvatura en perfil: es la curvatura de la superficie del terreno en la dirección de la pendiente. Mide el grado de cambio de la pendiente, que afecta a la aceleración o deceleración del flujo del agua e influencia la erosión y deposición.
- Curvatura en planta: es la curvatura en la dirección perpendicular a la pendiente. Mide la divergencia o convergencia del flujo del agua y por tanto de la concentración de agua en el paisaje.

A nivel de cálculo la curvatura representa la segunda derivada de la altitud en el espacio (Ecuación 2.4).

$$\text{Ecuación 2.4} \quad C = (\delta^2 Z / \delta X^2) + (\delta^2 Z / \delta Y^2)$$

La función "Curvature" de Arcinfo-Grid empleada para el cálculo se basa en la función polinómica de ajuste al modelo digital de elevaciones (Ecuación 2.1). Las curvaturas en sentido direccional y la curvatura se calculan según las siguientes ecuaciones.

$$\text{Ecuación 2.5} \quad C_{\text{perfil}} = 2 (DG^2 + EH^2 + FGH) / (G^2 + H^2)$$
$$C_{\text{planta}} = -2 (DG^2 + EH^2 - FGH) / (G^2 + H^2)$$
$$C = C_{\text{planta}} - C_{\text{perfil}} = -2 (D + E) \quad [\text{m m}^{-2}]$$

Una vez obtenida la curvatura, el criterio de reclasificación de los valores obtenidos fue: curvatura > 0.2, superficie convexa; curvatura entre -0.2 y 0.2, superficie rectilínea; curvatura < -0.2, superficie cóncava. Tras la reclasificación la cobertura fue homogeneizada mediante un filtro de mayoría.

B.5. Rugosidad.

Es una medida de la variación del relieve en el espacio. Diversos autores han aplicado métodos distintos para su evaluación como: la pendiente media, desviación estándar de la altitud, dispersión de vectores de altitud, etc. (Felicísimo 1994).

Como estimador de la rugosidad se utilizó la varianza de la pendiente, calculada en submatrices de 3x3 celdas a partir del modelo digital de elevaciones de 25 m. Este índice define bien formas como las rupturas de pendiente, tanto en su parte inferior (valles) como en su parte superior (divisorias), (Felicísimo 1994).

Para el cálculo de la rugosidad se implementó un procedimiento en Idrisi, que utiliza una submatriz o filtro de 3x3 celdas que opera en el entorno de cada celda de la cobertura de pendientes para el cómputo de su varianza.

Las clases de rugosidad consideradas se reclasificaron según el criterio de la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Clases de rugosidad del terreno (varianza de la pendiente).

Clase de rugosidad	Intervalo de varianza de la pendiente
Muy baja	0 – 1
Baja	1 – 5
Moderada	5 – 15
Alta	15 – 50
Muy alta	> 50

2.3. Resultados y discusión

2.3.1. Descripción general de las unidades de paisaje

Como resultado del análisis geomorfológico del área de estudio se han distinguido 5 grandes unidades de paisaje. Estas son: Área de montaña (Sierra Prelitoral), Área de pie de monte, Área de vertientes y barrancos (al norte del río Anoia), Área de relieve suavemente ondulado (Pla del Penedès) y Área de niveles aluviales recientes (Figura 2.5).

La unidad de paisaje de montaña corresponde a la Sierra Prelitoral (unidad A), límite natural de la Depresión del Penedès, y de la cual interesan las características litológicas de sus diferentes subunidades, ya que condicionan los elementos detríticos que aportan a la depresión y que tienen influencia en el modelado del relieve.

Adosadas a la Sierra Prelitoral se encuentran extensas superficies llanas de pie de monte (unidad B), formadas por acumulación detrítica de cantos rodados y gravas calcáreas cementadas, con intercalaciones de materiales arenosos y arcillosos. Algunas están recortadas por la incisión de la red de drenaje a diferentes niveles, estando elevadas unos 110-160 m sobre los cauces principales de la depresión, habiendo dado lugar a plataformas residuales. Las extensiones más importantes de estas formas y formaciones antiguas están relacionadas al río Riudeviltles: Plana de les Estoses, del Corral Nou y del Carrer de Can Rossell. En la zona

de Piera (Planas de Mas Marquet) se encuentra otra gran extensión llana de pie de monte, aunque con diferencias en cuanto a la litología de los materiales (detríticos terrígenos procedentes de la alteración de materiales paleozoicos). Esta última área limita bruscamente con la profunda incisión de la red de drenaje, iniciada en la parte central y distal de la depresión.

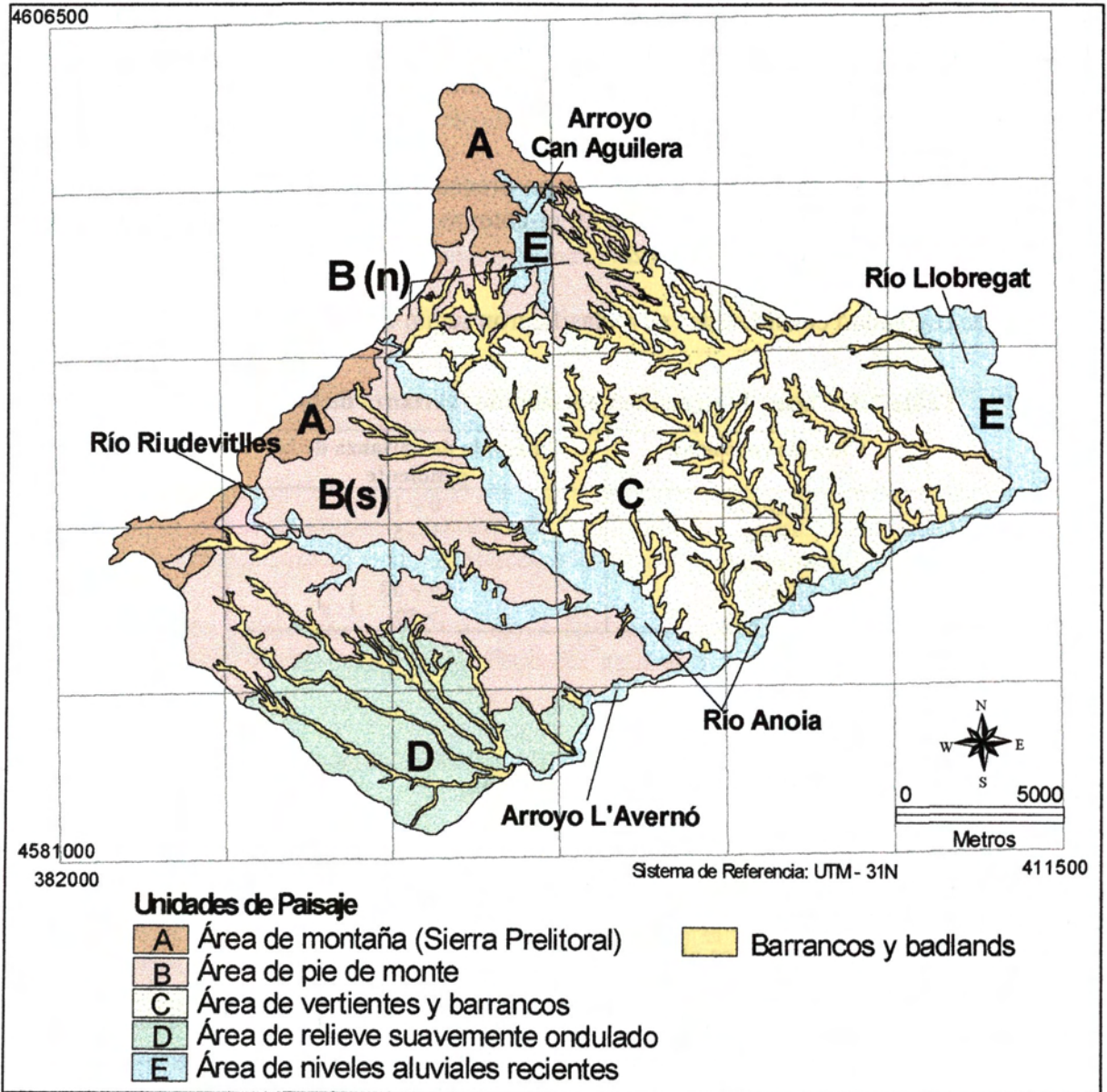


Figura 2.5. Unidades de Paisaje del área de estudio (Alt Penedès - Anoia). (Mapa elaborado a partir de la fotointerpretación de fotografías aéreas y posterior georeferenciación y digitalización vectorial). (Bn indica zona norte de la unidad de paisaje B, y Bs indica zona sur de la unida de paisaje B).

Al norte del río Anoia se extiende la unidad de vertientes y barrancos (unidad C). Se caracteriza por la escasez de materiales cementados: arcillas, areniscas y lentejones de conglomerados de edad miocena, que se traduce en una falta de relieves residuales significativos. El rasgo fundamental es el dominio de las vertientes, generalmente complejas,

con pendientes suaves a moderadamente escarpadas, que culminan en estrechas divisorias redondeadas, y que están abruptamente recortadas por la red de drenaje.

La unidad de paisaje de relieve suavemente ondulado (unidad D) se extiende desde el pie de las plataformas residuales (al sur del río Riudeviltles) hasta la riera del Avernó (límite sur). Se encuentra 120-130 m por debajo del nivel de dichas plataformas. Aflora una serie sedimentaria miocena de facies perideltaica, que en algunos puntos produce relieves residuales. Estas formas, al alternarse con amplias llanuras aluviales, conforman el tipo de relieve mencionado. La red de drenaje es paralela, menos densa que en la zona al norte del río Anoia, y atraviesa la depresión de NW a SE.

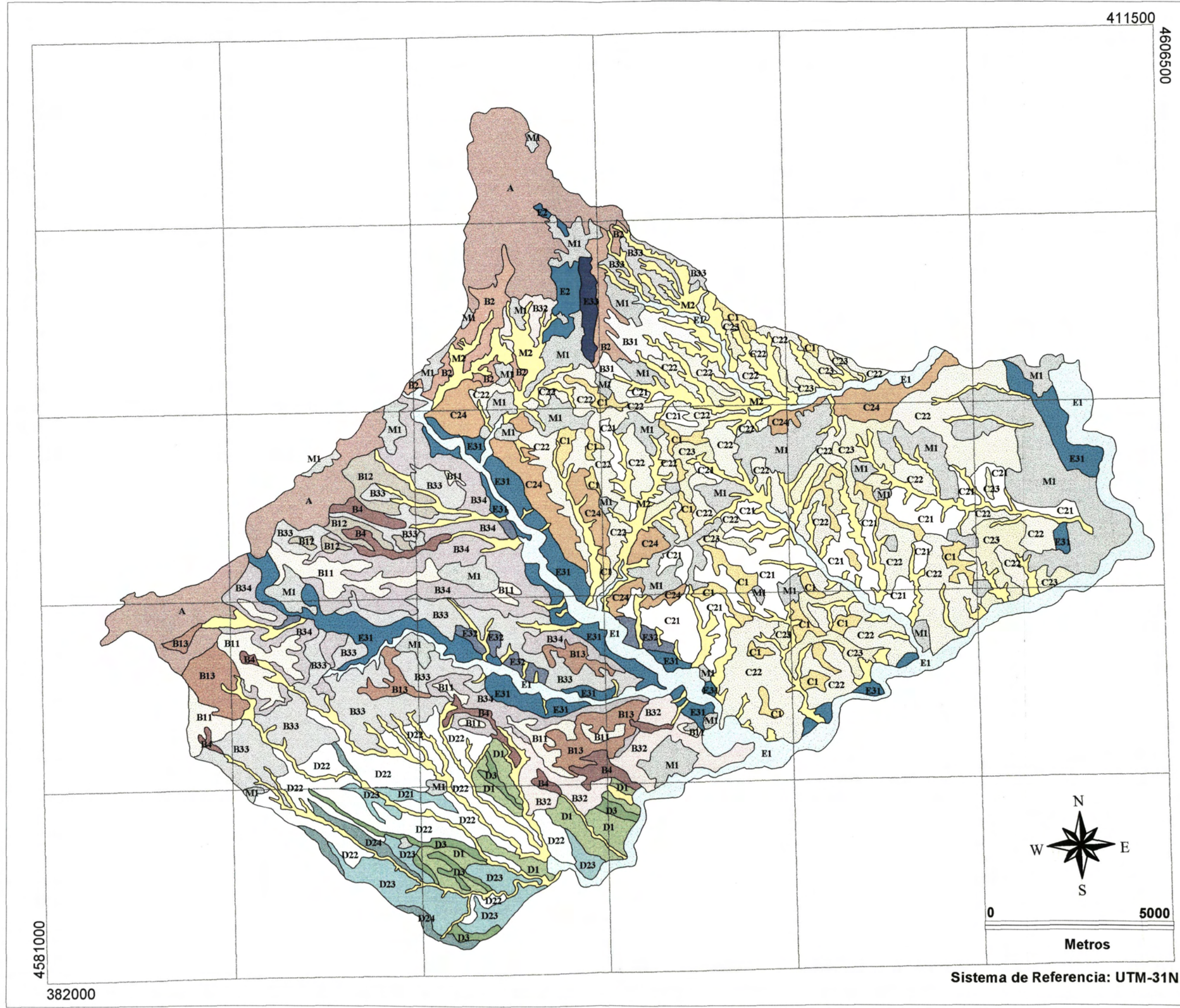
Por último, se ha diferenciado la unidad de paisaje con relieves asociados a los sedimentos aluviales recientes de los cauces actualmente funcionales: llanuras de inundación y terrazas (unidad E).

2.3.2. Mapa de geoformas

El mapa de la Figura 2.6 muestra el resultado del análisis geomorfológico de identificación, delineación y clasificación de las geoformas (unidades de relieve). La Tabla 2.6 recoge la leyenda del mapa y Tabla 2.7 resume los atributos topográficos que se han utilizado posteriormente en la descripción de las unidades.

Tabla 2.6. Leyenda del mapa de geoformas del Alt Penedès-Anoia.

Unidad de Paisaje	Geoformas	Código Mapa
Montaña (Sierra Prelitoral)	Vertientes escarpadas (pendiente >25 %)	A
Pie de monte	Plataformas residuales poco disectadas, elevadas 140-160 m sobre los cauces principales del área, (pendiente 5-15 %)	B11
	Plataformas residuales moderadamente disectadas, elevadas 90-110 m sobre los cauces principales del área, (pendiente 5-15 %)	B12
	Plataformas residuales disectadas, elevadas 140-160 m sobre los cauces principales del área (pendiente 5-15 %)	B13
	Glacis (pendiente 5-15 %)	B2
	Vertientes suave 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 (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 a escarpadas (pendiente 20-30 %)	C24
Relieve suavemente ondulado (Pla del Penedès)	Asociación de divisorias y vertientes moderadamente inclinadas (pendiente 5-10 %)	D1
	Vertientes cóncavas suavemente inclinadas (pendiente 1-5 %)	D21
	Vertientes en glacis y antiguas llanuras aluviales (pendiente 1-10 %)	D22
	Vertientes cóncavas moderada o fuertemente inclinadas (pendiente 5-10 %)	D23
	Vertientes moderadamente escarpadas (pendiente 10-20 %)	D24
	Fondos (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



Leyenda

- A
- B11
- B12
- B13
- B2
- B31
- B32
- B33
- B34
- B4
- C1
- C21
- C22
- C23
- C24
- D1
- D21
- D22
- D23
- D24
- D3
- E1
- E2
- E31
- E32
- E33
- M1
- M2



0 5000

Metros

Sistema de Referencia: UTM-31N

Figura 2.6. Mapa de geofomas del Alt Penedès - Anoia. Escala original 1:50.000. (Ver leyenda con la descripción de las geofomas en la Tabla 2.6). (Mapa elaborado a partir de la fotointerpretación de fotografías aéreas y posterior georeferenciación y digitalización vectorial en ArcInfo).

Tabla 2.7. Atributos topográficos descriptores de las geoformas.

Código Unidad	Área (ha)	Altitud media (m)	Desv. Estánd. Altitud	Pendiente media (%)	Desv. Estánd. Pendiente	Intervalo pendientes mayoritarias	Varianza media de la pendiente (Rugosidad)	Relieve interno (m)	Desv. Estánd. Relieve interno	Densidad de drenaje (km km ⁻²)	Índice adyacencia a barrancos (% perímetro)	Formas cóncavas (% superficie)	Formas rectilíneas (% Superficie)	Formas convexas (% Superficie)
A	2045.2	508	91.3	26.6	30.5	25-45	43.8	40.7	35.3	3	5.6	34.8	24.7	40.5
B11	778.4	366	58.2	12.0	7.6	5-15	15.5	6.9	3.4	0.6	2.7	12.6	55.8	31.6
B12	284.7	334	30.3	13.6	7.7	5-15	20.3	16.1	13.3	1.4	21.8	19.2	50.5	30.2
B13	599.7	320	87	14.8	8	5-20	22.3	22.8	11.1	2.6	6.8	25.8	41.9	32.1
B2	445.1	344	51.9	12.3	7.7	5-15	13.5	8.7	7.5	2.9	39.9	15.6	58.9	25.3
B31	222.0	326	17.5	9.9	6.4	1-10	11.2	16.6	10.6	3.7	52.8	14.8	64.9	20.1
B32	561.1	212	58.3	11.0	5.8	5-15	8.4	21.2	14.1	1.8	30.2	14.5	65.1	20.3
B33	1954.7	298	50.1	13.9	7.5	5-15	16.5	14.8	8.0	2.8	40.7	21.9	51.3	26.7
B34	1628.5	305	54.9	23.7	10.8	20-45	38.7	25.2	14.0	1.8	14.7	28.8	33.5	37.7
B4	342.5	273	67.7	13.7	7.2	5-15	17.4	15.7	10.2	5.3	12.6	28.5	51.3	20.1
C1	753.5	244	59.7	13.0	7.2	5-15	15.8	13.4	10.6	0.8	11.2	15.3	51.4	33.3
C21	1388.6	197	51.8	14.6	8.6	5-15	19.6	15.2	7.8	2.1	50.9	18.2	49.5	32.2
C22	3532.3	207	65.4	14.9	8.2	5-20	19.8	18.6	8.3	2.4	45.4	21.2	47.8	30.8
C23	958.1	201	60.3	17.5	8.5	10-20	23.3	20.3	8.6	2.3	39.3	23.6	39.6	36.7
C24	885.8	244	42.6	23.5	10.7	20-45	36.5	20.5	10.4	2.5	22.6	32.7	26.6	40.6
D1	502.4	202	20.3	7.8	4.8	5-10	5.2	5.6	5.1	0.7	33.4	8.1	77.0	14.9
D21	55.6	225	10.7	5.5	3.2	1-5	2.5	7.7	5.2	0.1	12.9	7.5	86.1	6.3
D22	1281.3	237	34.9	8.5	5.9	1-10	8.5	13.7	8.4	1.4	57.4	10.3	71.5	18.1
D23	589.0	223	28.4	7.2	3.5	5-10	2.5	17.0	17.1	1.8	36.8	6.5	85.0	8.3
D24	173.3	257	24.5	12.3	5.4	5-20	8.2	19.1	9.9	1.7	27.3	17.3	69.7	12.8
D3	226.3	217	24.6	7.3	3.1	5-10	2.6	5.7	4.3	6.0	4.7	12.3	79.0	8.5
E1	2032.2	188	57.6	11.6	9.2	1-10	19.2	11.5	2.1	5.3	20.5	28.3	59.3	12.5
E2	142.2	354	37.9	9.3	5.1	5-10	6.1	6.1	5.5	3.2	10.4	17.3	66.4	16.2
E31	1338.8	188	70.9	11.8	8.2	5-15	13.0	13.7	8.2	2.2	10.1	16.3	65.5	18.1
E32	168.2	211	48.3	14.6	8.7	5-15	18.2	26.2	8.7	0.8	40.5	11.3	54.6	34.0
E33	104.6	353	21.8	10.6	4.5	5-15	7.6	11.1	4.5	1.7	0	23.9	54.1	21.8

2.3.3. Descripción y análisis de las geoformas

Como información previa a la descripción y análisis de las geoformas de cada unidad de paisaje, la Figura 2.7 muestra la localización de los perfiles topográficos realizados para apoyar dicha descripción.

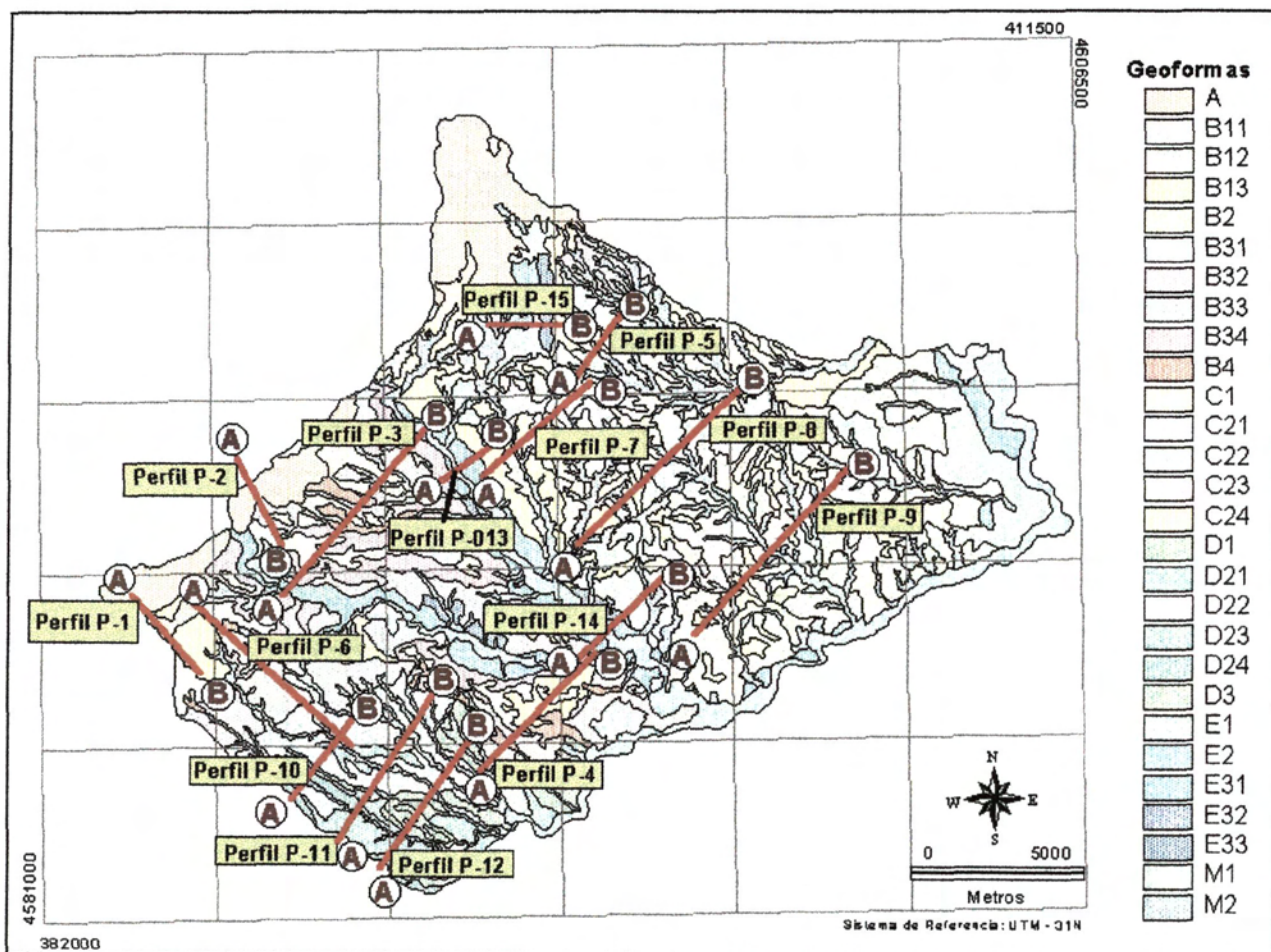


Figura 2.7. Localización de los perfiles topográficos para la descripción morfológica de las geoformas.

2.3.3.1. Unidad de paisaje de montaña (Sierra Prelitoral)

- Situación.

Representa el límite W y NW del área de estudio, habiéndose tomado como límite la divisoria de la Sierra que vierte hacia la Depresión del Penedès. Es atravesada por los cauces principales que drenan la depresión: el río Riudevittles (Sant Quintí de Mediona) y el río Anoia (en Capellades y Vallbona d'Anoia).

Esta unidad de paisaje se ha incluido dentro del área de estudio por ser un límite natural de la Depresión del Penedès y por su relación con el origen de los materiales que la rellenan, que influyen en el modelado del relieve (Figura 2.8).



Figura 2.8. Relieve característico de la unidad de paisaje de montaña (Sierra Prelitoral).

- Litología y estructura geológica.

La litología de esta unidad es diversa, predominando los materiales mesozoicos en la zona sur y centro y los paleozoicos en la zona norte.

Los materiales mesozoicos son predominantemente carbonatados (IGME 1973):

- Dolomías bréchicas o brechas poligénicas con cemento dolomítico del Jurásico.
- Arcillas dolomíticas, dolomías arcillosas y calcilutitas del Keuper.
- Calizas dolomíticas, dolomías, calcilutitas, yesos y areniscas rojas del Mulchelkalk.

El Paleozoico está representado en la zona central de la sierra Prelitoral por un manchón de materiales pizarrosos al norte de Sant Quintí de Mediona. Estos materiales abundan también en la parte norte de la sierra (cuenca de la riera de Aguilera). En la zona de Capellades-Vallbona, y fundamentalmente dentro del conjunto paleozoico, aflora un pequeño plutón granodiorítico de bordes netos (IGME 1975a).

En relación a la estructura geológica, esta unidad constituye la vertiente SE del denominado Bloque del Gayà u Horst Prelitoral (IGME 1973), que limita con la Depresión del Penedès en la falla o accidente de Sant Quintí de Mediona.

- Red de drenaje.

La densidad de drenaje de esta unidad es 3 km km^{-2} . Generalmente, los elementos de la red se encajan formando valles en V, con las paredes protegidas por el crecimiento de vegetación arbórea y arbustiva.

- Geoformas.

El tipo de relieve de la unidad es montañoso (Figura 2.8), con pendientes escarpadas o muy escarpadas ($>25\%$, Figura 2.9 y Figura 2.10). La exposición predominante es sur y este. La amplitud de relieve media es de 40.7 m, con frecuencias mayoritarias en los intervalos 20-25 m y 50-100 m. Esta amplitud es la mayor de toda el área de estudio (a excepción del área de barrancos) y concuerda con la alta variabilidad de las pendientes (varianza media 43.8).

La forma de las vertientes más frecuente es la convexa, que junto con el alto grado de pendiente existente es indicativo de algunas características de los suelos que pueden desarrollarse: poco profundos y sometidos a una continua renovación de los materiales en superficie.

Esta unidad limita principalmente con geoformas del área de pie de monte (plataformas y glacia). No se han distinguido unidades menores de relieve por no ser esta unidad objetivo específico del estudio, aunque se pueden observar tramos de vertientes con diferente grado de pendiente (10-25 %).

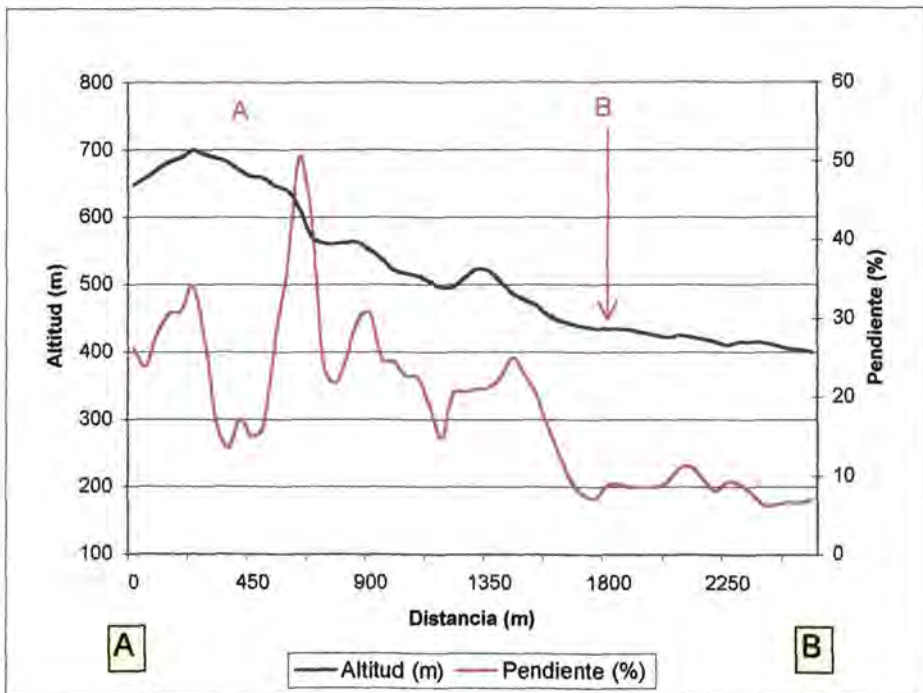


Figura 2.9. Perfil topográfico y de pendiente P-1. (Perfiles obtenidos a partir del modelo digital de elevaciones y de pendientes. Las letras en el interior del gráfico indican los códigos de la leyenda del mapa de geoformas, Tabla 2.6).

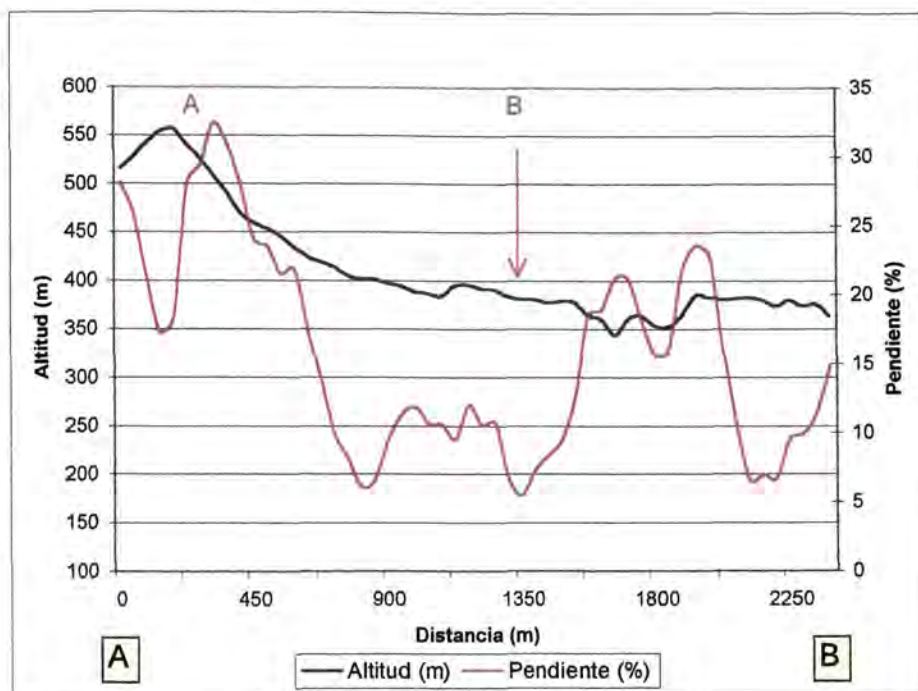


Figura 2.10. Perfil topográfico y de pendiente P-2.

2.3.3.2. Unidad de paisaje de pie de monte

- Situación.

Unidad de paisaje adosada a la Sierra Prelitoral y que se extiende de forma desigual hasta la parte central de la depresión. Se caracteriza por la presencia de formas tabulares (plataformas residuales), elevadas unos 110-160 m sobre los cauces de los ríos Anoia y Riudevitlles. De estas formaciones destacan la Plana de les Estoses, la Plana del Corral Nou (Sant Quintí de Mediona) y la Plana del Carrer de Can Rosell.

En la zona de Piera - Hostalets de Pierola (Plana de Mas Marquet) se extienden otras superficies planas de pie de monte de diferentes características que las anteriores. Están recortadas por la profunda incisión de barrancos. Estas superficies planas no forman niveles residuales elevados.

- Litología y estructura geológica.

Se distinguen dos tipos de formaciones, relacionadas con la diferente litología de los materiales de origen.

Las formaciones relacionadas con las áreas de la sierra donde abundan los materiales calcáreos mesozoicos son formaciones continentales de carácter detrítico de color rojo. Corresponden al Mioceno superior fluvio-torrencial (Guigon *et al.* 1973 en Gallart, 1981). Tienen una potencia de 100 m y culminan con un glacis atribuible al cuaternario antiguo (Gallart 1981). Se caracterizan por la presencia de conglomerados en bancos y algunos lentejones que pasan a arenas de grano grueso en los sectores distales, intercalados en paquetes lutíticos rojos. Estos materiales afloran en los escarpes y tramos superiores e

intermedios de las vertientes que enlazan los niveles residuales con los fondos de valle actuales de la depresión.

La formación de glacis del cuaternario antiguo, que es ligeramente más torrencial, se caracteriza por la presencia de un horizonte de gravas cementado por carbonatos. Ejemplos de este tipo de formaciones son las ya mencionadas Planas de les Estoses, Corral Nou y Can Rosell.

En los tramos inferiores de estas vertientes afloran arcillas rojas, arenas y lutitas de origen marino peridéltico de edad miocena (IGME 1973). En estas vertientes aparecen diversos resaltes estructurales de conglomerados.

Por otra parte, también existen áreas donde se ha producido la acumulación de gravas y arenas de pizarras procedentes del zócalo paleozoico de la Sierra Prelitoral. Un ejemplo de estas formaciones es la mencionada Plana de Mas Marquet. Las vertientes asociadas a estas formaciones son de pendiente suave a moderada (5-10%), y están originadas por la incipiente incisión de la red de drenaje (Figura 2.11).

Estructuralmente, la unidad es un glacis sobre formación continental adosada a la Sierra Prelitoral, con una pendiente entre 1-10 %, desde el contacto con la sierra hacia el centro de la depresión.



Figura 2.11. Vista de la Plana de Mas Marquet, entre Piera y Hostalets de Pierola.

- Red de drenaje.

Parte de la red de drenaje de la unidad es no funcional, en fondos, que se encajan en las plataformas residuales según un patrón paralelo a la dirección de la pendiente. Estos fondos son de escasa amplitud y difícilmente se pueden cartografiar a escalas semidetalladas.

En las vertientes de estos niveles residuales, sobre las calcilutitas miocenas, se encajan una serie de barrancos de dimensiones variables en diferentes partes de la unidad de paisaje. Al sur del río Anoia y Riudevilles tienen menores dimensiones (entre 70-120 m de anchura y 25-30 m profundidad) que en la zona de Piera (entre 70-135 m anchura y 35-40 m de profundidad). Este hecho podría deberse a la menor cohesión de los materiales terciarios en la zona norte y al mayor desnivel con respecto al nivel de base de la depresión. La densidad de la red de drenaje varía entre valores moderadamente bajos a moderadamente altos (0.6-3.7 km km⁻²).

- Geoformas.

Las formas típicas de la unidad de paisaje son relieves tabulares (plataformas), que ocupan posiciones topográficas elevadas con respecto a los cauces principales de la depresión (Figura 2.12). Estas plataformas son residuos del glacis del cuaternario antiguo, descrito anteriormente. Este glacis ha sido disectado de forma desigual dependiendo de varios factores: tamaño de las gravas, espesor del estrato de gravas y granulometría de los materiales detríticos. En la parte más distal a la sierra, el estrato de gravas se ha eliminado por el efecto de la erosión, habiéndose encajado una serie de fondos de escasa amplitud y divisorias convexas o residuos de plataforma de pequeño tamaño.

También se han considerado dentro de esta unidad los escarpes y vertientes asociadas a estas plataformas residuales. En general, estas vertientes son de forma rectilínea y cóncava, con pendientes moderadas a fuertes (5-15%). Se encuentran más disectadas por la red de drenaje en su parte inferior.

Por otra parte, el glacis asociado al zócalo paleozoico de la Sierra Prelitoral está menos afectado por la incisión de la red de drenaje, no habiéndose formado niveles residuales elevados. Las vertientes asociadas a estas formaciones son de pendiente suave a moderada (5-10%), y están originadas por la incipiente incisión de la red de drenaje. En su parte distal, esta unidad limita con profundos barrancos de paredes casi verticales.

La amplitud de relieve de la unidad de paisaje varía por término medio entre los 7 m de las plataformas poco disectadas a los 25 m de las vertientes moderadamente escarpadas o escarpadas.

Se han distinguido cuatro tipos de geoformas:

- B1: Plataformas residuales.
- B2: Glacis.
- B3: Vertientes.
- B4: Fondos.

B1. Plataformas residuales.

Originalmente son superficies planas o casi planas con pendiente longitudinal entre 1-5% que ocupan posiciones topográficas elevadas. Se han distinguido varias subunidades, en función del grado de disección.

Las formas menos disectadas (subunidad B11) suelen encontrarse en la zona proximal a la Sierra Prelitoral (Figura 2.12). Representan el nivel más elevado respecto a los ríos Riudeviltles y Anoia. La pendiente media de esta unidad es del 12%. Esta pendiente es alta para tratarse de una forma de relieve originalmente llana. Esto es consecuencia de la incipiente incisión de la red de drenaje, en forma de fondos. El relieve interno medio, 7 m, se corresponde con el bajo nivel de disección que presenta la unidad.

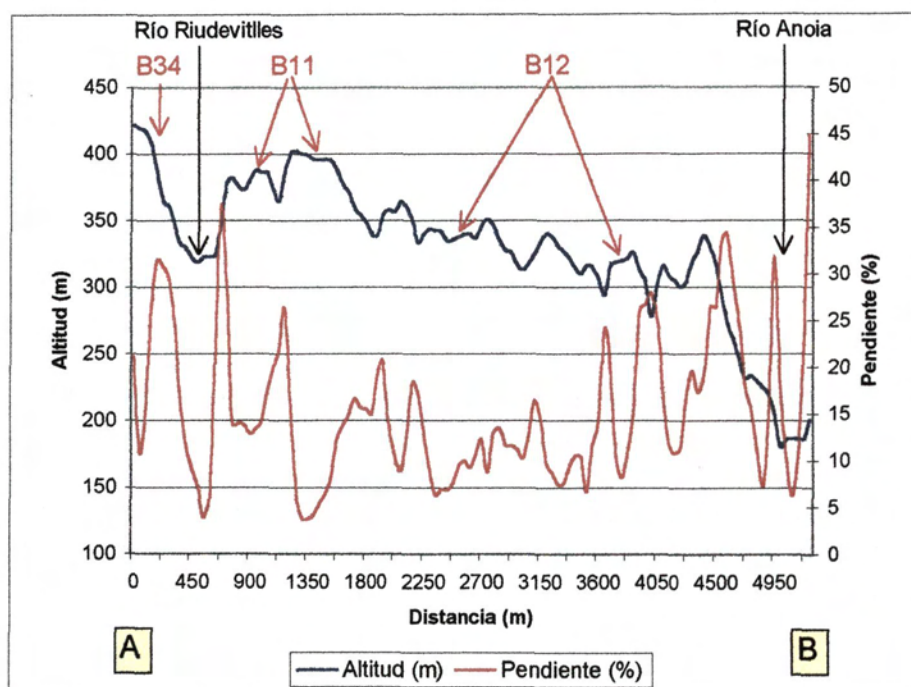


Figura 2.12. Perfil topográfico P-3.

La subunidad B12 representa plataformas residuales moderadamente disectadas. Presentan una mayor incisión de la red de drenaje, que se traduce en un mayor relieve interno (16 m por término medio) y una mayor densidad de drenaje (1.4 km km^{-2}). También la pendiente y su grado de variabilidad se ven incrementados, aumentando la frecuencia de la clase 10-15 %.

Las formas más disectadas (subunidad B13) suelen encontrarse en la parte distal a la sierra (Figura 2.13). La disección se produce en forma de fondos de escasa amplitud, quedando residuos de plataforma de pequeño tamaño y crestas. Esto hace que a escala semidetallada estas áreas se hayan de cartografiar como una asociación de formas. Todas las variables topográficas consideradas presentan los valores más altos de las unidades de plataforma (Tabla 2.7). Es significativo el aumento de la frecuencia de la clase de pendientes 15-20%, del relieve interno medio (23 m) y de la densidad de drenaje (2.6 km km^{-2}).

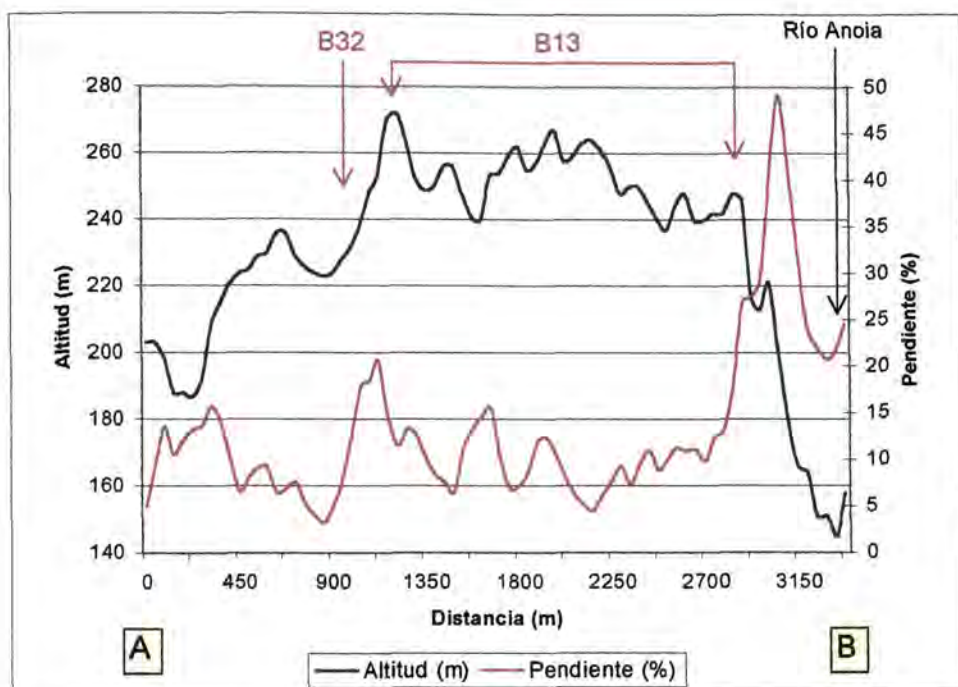


Figura 2.13. Perfil topográfico P-4.

A pesar del gran potencial topográfico erosivo de estas unidades, por su elevado desnivel con respecto al nivel de base, la incisión de la red de drenaje no es tan elevada como en otras unidades por el control que ejercen los conglomerados terciarios subyacentes, que en algunos casos presentan espesores de hasta 100 m.

Respecto a la adyacencia con otras unidades, las plataformas limitan básicamente con vertientes fuertemente inclinadas, moderadamente escarpadas o escarpadas, dado que en su mayoría constituyen niveles muy elevados. Esto hace que la tendencia de estas geoformas sea hacia la reducción de la superficie de divisoria plana por la evolución erosiva de sus bordes.

B2. Glacis.

Esta geoforma se caracteriza por presentar pendientes longitudinales suaves (3-8 %), pero moderadamente inclinadas en sentido transversal (5-15 %), lo que indica la incipiente incisión de la red de drenaje (Figura 2.14). Su origen está asociado a cauces no permanentes cuya cuenca no sobrepasa los límites de la Sierra Prelitoral (p.e. riera de Can Aguilera).

La amplitud del relieve de la unidad es baja (9 m), similar a la unidad de plataformas poco disectadas. No obstante, la densidad de drenaje es mayor (2.9 km km^{-2}), en forma de fondos y cárcavas, que se desarrollan en los materiales subyacentes incoherentes que forman la unidad.

Esta geoforma limita en una gran parte de su perímetro (39.9 %) con cárcavas, barrancos y badlands. Esto indica el alto riesgo de erosión que sufren estas áreas por el avance longitudinal y expansión lateral de estas formas de erosión, dado la incoherencia de los materiales.