



# **MAPAS GEOMORFOLÓGICO Y DE PROCESOS ACTIVOS ESCALA 1:50.000**

## **VILAGARCÍA DE AROUSA**

**152 (4-9)**

Primera edición

MADRID, 2008



Los Mapas Geomorfológico y de Procesos Activos y la Memoria explicativa de la Hoja de VILAGARCÍA DE AROUSA (152) han sido realizados por el Departamento de Infraestructura Geocientífica y Servicios del I.G.M.E. En su realización han intervenido los siguientes autores:

**Mapa Geomorfológico y de Procesos Activos:** Rodríguez García (I.G.M.E.).

**Memoria:** Rodríguez García (I.G.M.E.).

**Dirección y supervisión del I.G.M.E.:** A. Martín-Serrano García y A. Suárez Rodríguez (I.G.M.E.).



# ÍNDICE

<b>1. GEOMORFOLOGÍA .....</b>	<b>7</b>
1.1. Descripción fisiográfica.....	7
1.2. Análisis geomorfológico.....	9
1.2.1. Estudio morfoestructural .....	11
1.2.2. Estudio del modelado.....	13
1.3. Evolución geomorfológica .....	23
1.4. Procesos activos .....	25
<b>2. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>29</b>



# 1. GEOMORFOLOGÍA

## 1.1. Descripción fisiográfica

La Hoja 152, a escala 1:50.000, de VILAGARCÍA DE AROUSA se sitúa en el margen atlántico del noroeste de Iberia.

El margen atlántico del noroeste de Iberia presenta una línea de costa de dirección N-S, caracterizada fundamentalmente por un conjunto de anchas, profundas y prolongadas rías de dirección NE-SW, denominadas Rías Baixas. Las Rías Baixas están constituidas, de norte a sur, por las rías de Muros y Noia, Arousa, Pontevedra y Vigo; estas rías presentan una geometría en embudo, con una considerable reducción en anchura y profundidad desde sus desembocaduras hacia sus zonas interiores; las desembocaduras de las rías de Arousa, Pontevedra y Vigo tienen islas que, además de generar dos entradas, protegen sus zonas interiores.

Las principales unidades fisiográficas de la Hoja son: la Ría de Arousa y la Depresión Meridiana.

La Ría de Arousa es la mayor, tanto en superficie como en volumen, de las cuatro Rías Baixas. Esta ría presenta una anchura de más de 10 km en su desembocadura (Cabo Falcoeiro, en la Península de Barbanza-Punta Aguieira, en la Península de O Grove); su desembocadura, protegida por la Isla de Sálvora, presenta una entrada norte y una entrada sur; su profundidad varía desde los 70 m en su desembocadura hasta los 5-10 m en su zona interior.

La Depresión Meridiana es una depresión topográfica, alargada N-S y con una longitud de aproximadamente 140 km entre las localidades de Carballo, en el Golfo Ártabro, y Tui, en el Río Miño. Esta unidad presenta una serie de valles con pendientes suaves limitados, al oeste y este, por pendientes mayores. En la Hoja, esta depresión se extiende a lo largo de los ríos Bermaña y Chain y está limitada, al oeste, por el Monte Xiabre (647 m) y, al este, por el Monte Acibal (600 m).

En el resto de la Hoja se pueden diferenciar dos unidades del relieve contrastadas como son una unidad de “relieve suave” y otra de “relieve abrupto”. La primera unidad incluye los

amplios valles con pendientes suaves entorno a los principales cursos fluviales de la Hoja y algunos relieves aislados con pendientes escarpadas, como los montes Lobeira (299 m), San Martiño (212 m) o Lantañón (205 m). La segunda incluye a los relieves con pendientes escarpadas y cursos fluviales encajados; es en esta unidad donde se alcanzan las máximas alturas de la Hoja como son los 647 m del Monte Xiabre o los 600 m del Monte Acibal. Es importante destacar que, culminando los relieves o colgadas en laderas, aparecen superficies planas, poco inclinadas y que vienen reflejadas en la toponimia de la zona como son los casos de los montes Chan (539 m) o Chan do Curro (516 m).

La red de drenaje del margen atlántico del noroeste de Iberia presenta un régimen de tipo Pluvial Atlántico con notables influencias mediterráneas, caracterizado por caudales con un máximo invernal en el mes de febrero y un apreciable estiaje en los meses de julio y agosto (RÍO y RODRÍGUEZ, 1992). El principal curso fluvial de la Hoja es el Río Ulla; este río es el principal curso fluvial de la Ría de Arousa; en la Hoja solo está representado por su desembocadura, sin embargo, cabe destacar su presencia ya que es, después del Miño, el segundo río en importancia del margen atlántico del noroeste de Iberia, tanto en caudal absoluto como en longitud; en su desembocadura el caudal absoluto y relativo es de  $79.3 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $28.3 \text{ l/s/km}^2$  respectivamente, lo que representa un caudal relativo superior al del Miño en su desembocadura (RÍO y RODRÍGUEZ, 1992). En la Hoja también destacan los ríos Umia y Lárez. El Río Umia, con una longitud de 39 km, es el río con mayor recorrido de la Hoja; en su desembocadura el caudal absoluto y relativo es de  $16.39 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $37.2 \text{ l/s/km}^2$  respectivamente (RÍO y RODRÍGUEZ, 1992). El río Lárez discurre por la esquina sureste de la Hoja, donde su principal afluente es el Arroyo Maneses; su desembocadura se sitúa en la Ría de Pontevedra donde vierte un caudal absoluto y relativo de  $21.21 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $47.8 \text{ l/s/km}^2$  respectivamente (RÍO y RODRÍGUEZ, 1992). Como cursos fluviales menores cabe mencionar los ríos Bermaña y Chaín, en la Depresión Meridiana; a pesar de presentar longitudes bajas, sus caudales son importantes en relación con su longitud a causa de la fuerte pluviosidad que las borrascas atlánticas provocan sobre el área.

Cabe mencionar la existencia de la laguna litoral de Vilanova de Arousa. Esta laguna tiene comunicación permanente con el mar y está sometida a la influencia de las mareas.

La Hoja presenta un clima Oceánico Húmedo afectado, en invierno, por los sistemas nubosos de aire templado y húmedo procedentes del Atlántico y, en verano, por el Anticiclón de las



Azores que desplaza a las borrascas atlánticas más al norte. Las temperaturas medias anuales son de 14° con amplitudes que van desde los 7° del mes de enero hasta los 20° de los meses de julio o agosto (RÍO y RODRÍGUEZ, 1992). La precipitación anual oscila entre los 1.000 mm cerca de la costa hasta los 2.000 mm del interior; es también notable la aridez estival (RÍO y RODRÍGUEZ, 1992).

## **1.2. Análisis geomorfológico**

En el margen atlántico del noroeste de Iberia se puede observar un relieve en el que destacan la singularidad de las rías, las altas superficies planas o las anomalías en la red fluvial con valles maduros y pronunciados encajamientos. Este relieve ha llamado la atención de diversos autores que en numerosos trabajos desde finales del siglo XIX hasta el momento actual han discutido distintas interpretaciones sobre el origen de las formas de este relieve.

La primera contribución bibliográfica importante sobre la zona es el trabajo de VON RICHTHOFEN (1886) sobre las rías. Este autor clasifica a las rías gallegas en un tipo específico de costa que define como una alternancia de sierras montañosas y valles inundados transversales al borde litoral y que son el resultado de una transgresión marina que inunda un relieve de origen fluvial consecuente con una desigual resistencia de las rocas del sustrato.

Posteriormente aparecen trabajos en los que se incluye a la tectónica como un factor condicionante en el origen de las rías y de otras formas del relieve. En este sentido HERNÁNDEZ-PACHECO (1912) propone que las rías serían el resultado de un basculamiento hacia el noroeste de la Península Ibérica que provocaría el hundimiento de los valles próximos a la costa. Por su parte, SCHEU (1913) empieza a prestar atención a las superficies de erosión de Galicia y también las relaciona con movimientos tectónicos, especialmente en zonas de fracturación N-S como la Depresión Meridiana.

En los años cuarenta continúan apareciendo trabajos en esta misma línea tectonicista. En el trabajo de CARLE (1949) se interpretan las rías y la Depresión Meridiana como depresiones tectónicas entre bloques levantados. Los trabajos de TEIXEIRA (1944) y HERNÁNDEZ-PACHECO (1949) incluyen el noroeste de Iberia en un área continental afectada por una tectónica tardivarisca distensiva que supondría una sucesión de movimientos epirogénicos,

provocando pulsos de erosión y sedimentación con elaboración de varias superficies de erosión.

En los años cincuenta, TORRE ENCISO (1954) continua con el trabajo de HERNÁNDEZ-PACHECO, sin embargo, el más representativo de los trabajos de los años cincuenta es el titulado “*Recherches morphologiques dans le Nord-Ouest de la Peninsule Ibérique*” de BIROT y SOLE SABARIS (1954); este trabajo constituye el primer intento de esclarecer de forma sistemática el problema de las superficies de erosión presentes en Galicia. En este trabajo se admite la morfología en “teclas de piano” (HERNÁNDEZ-PACHECO, 1949) que se interpreta como la expresión de una tectónica de bloques en régimen distensivo.

Paralelamente a estas investigaciones destaca el trabajo de COTTON (1956). Este autor vuelve a retomar la idea de VON RICHTHOFEN que destaca a los factores litológicos y eustáticos como los condicionantes del origen de las rías y asume que las rías se formaron en relación con una zona de debilidad impuesta por una fracturación NE-SO aprovechada por la red de drenaje.

El principal trabajo de los años sesenta es la tesis de NONN (1966) titulada: “*Les Regions Cottieres de la Galice (Espagne). Etude Geomorphologique*”. La aportación más importante de este autor es la definición de cuatro superficies de erosión basándose en estudios de cuencas terciarias. La importancia concedida por este autor a la “Tectónica Neógena”, vuelve a dar un fuerte peso a los movimientos de bloques en la interpretación tanto de las rías como del resto del relieve.

En esta época también aparece el trabajo de PANNEKOEK (1966) titulado: “*The geomorphology of the surroundings of the Ría de Arosa (Galicia, NW Spain)*”. Es un trabajo centrado en la Ría de Arousa y en el que se interpreta la Depresión Meridiana como un ‘rift valley’; los ríos que desembocan en las rías siguiendo la dirección NE-SO serían anteriores al hundimiento del ‘rift valley’ y una vez producido el mismo, se encajarían aguas arriba y tendrían un ensanchamiento aguas abajo que originaría las rías. Sin embargo, estas ideas fueron modificadas con posterioridad, y así, en PANNEKOEK (1970) se redefine la Depresión Meridiana como una zona de falla compleja que sólo en determinadas partes tiene carácter de fosa y se acepta a los procesos erosivos fluviales a lo largo de líneas de falla preexistentes como los principales procesos en el modelado del relieve.

Los distintos enfoques genéticos del relieve expuestos en estos trabajos han sido el resultado de la escasez de sedimentos recientes o de otros criterios válidos que permitan realizar dataciones precisas de formas del relieve. En este sentido destaca la aportación metodológica que en los años ochenta realiza el trabajo de MARTÍN-SERRANO (1988) sobre la evolución geomorfológica del Macizo Varisco en la Meseta Norte del noroeste de Iberia. En este trabajo se correlaciona el análisis del relieve con el de los sedimentos depositados en cuencas próximas. Este autor también publica algunos trabajos de carácter general sobre Galicia en los que se disminuye la importancia de la tectónica en la configuración del relieve del noroeste de Iberia.

A partir de los años ochenta las líneas de investigación se diversifican impulsadas por la exploración de petróleo; en este sentido destaca el trabajo de VANNEY *et al.* (1985) centrado en el margen y la plataforma continental.

En la década de los noventa también aparecen importantes trabajos. En cuanto a los estudios de morfología granítica destaca el de VIDAL ROMANÍ Y TWIDALE (1998); este trabajo ayuda a la descripción y comprensión de la evolución y pervivencia en el tiempo de los paisajes graníticos de la Hoja. El último trabajo sobre geomorfología regional desarrollado en áreas próximas a la Hoja es el de PAGÉS (1996) titulado: “La Cuenca del Xallas y su entorno. Evolución cenozoica del relieve en el oeste de la provincia de La Coruña”; para este autor, durante el Cenozoico, el noroeste de Iberia ha experimentado un levantamiento homogéneo, sin llegar a desarrollarse una tectónica de bloques, y en impulsos discretos, relacionados con las diferentes fases de deformación de la Orogenia Alpina, que ha permitido el desarrollo de un paisaje policíclico de superficies de erosión escalonadas.

### **1.2.1. Estudio morfoestructural**

Las características litoestratigráficas y la evolución estructural de las rocas del sustrato son factores que controlan la distribución y evolución de las formas del relieve. En el Mapa Geomorfológico 152 (VILAGARCÍA DE AROUSA) se distingue, teniendo en cuenta las características litoestratigráficas y la evolución estructural de las rocas del sustrato, un dominio geológico: el Basamento Varisco.

El Basamento Varisco está constituido por rocas metamórficas, intensamente plegadas y fracturadas a lo largo de la Orogénesis Varisca durante el Devónico y Carbonífero, y rocas

plutónicas, de carácter intrusivo; estas rocas fueron afectadas, a su vez, por dos eventos tectónicos posteriores, la apertura del Océano Atlántico entre el Jurásico y Cretácico inferior y la Orogénesis Alpina durante el Terciario.

En el Mapa Geomorfológico 152 (VILAGARCÍA DE AROUSA), además, se distinguen, teniendo en cuenta las unidades litoestratigráficas de las rocas del sustrato (HERNÁNDEZ *et al.*, 1982; ABRIL HURTADO e IGLESIAS, 1985; LLANA FÚNEZ, 2001), cinco unidades litológicas: Granodioritas, Granitos, Esquistos y Paraneises, Cuarcitas y Ortoneises.

La Unidad de Granodioritas incluye el Plutón Granítico de Caldas de Reis (PGCR) y la Granodiorita de Baio-Vigo; la relación espacial de la Unidad de Granodioritas con la unidad de “relieve suave”, definida en el apartado **Descripción fisiográfica**, y con la morfología de la Ría de Arousa, donde la mayoría de su línea de costa se dispone sobre el PGCR, parece indicar que se trata de una unidad muy fácilmente meteorizable como consecuencia de la abundancia de feldespatos en su composición; en este sentido, existen varias referencias bibliográficas que atribuyen la Ría de Arousa a la fácil alterabilidad del PGCR (PARGA PONDAL, 1958; NONN, 1966; PANNEKOEK, 1966). La Unidad de Granitos incluye los Granitos de Dos Micas; la relación espacial de la Unidad de Granitos con la unidad de “relieve abrupto”, definida en el apartado **Descripción fisiográfica**, parece indicar que se trata de una unidad resistente a la meteorización como consecuencia de su carácter masivo y composición homogénea. La Unidad de Esquistos y Paraneises incluye los esquistos y paraneises de Beo y Paraño; la relación espacial de la Unidad de Esquistos y Paraneises con la unidad de “relieve suave”, definida en el apartado **Descripción fisiográfica**, parece indicar que se trata de una unidad fácilmente meteorizable como consecuencia de su carácter plagioclásico y biotítico. La Unidad de Cuarcitas incluye las Cuarcitas de Paraño y la Unidad de Ortoneises incluye los Ortoneises Glandulares; la escasa presencia de estas litologías en la Hoja no permite observar su influencia en el relieve.

Las características litoestratigráficas y estructurales de las rocas del sustrato y la distribución y evolución de las formas del relieve permiten diferenciar distintas unidades geomorfológicas. La Hoja 152 (VILAGARCÍA DE AROUSA) se incluye, según GUTIERREZ-ELORZA (1994) en el Macizo Ibérico Septentrional (o Macizo Hespérico Septentrional). A su vez, una observación más detallada del Macizo Ibérico Septentrional permite reconocer la existencia de otras unidades geomorfológicas; la Hoja 152 (VILAGARCÍA DE AROUSA) se incluye,

según PAGÉS VALCARLOS y VIDAL ROMANÍ (1998) en el Margen Atlántico de Iberia NO (o Costa Atlántica de Galicia). Las características más destacadas de esta zona son las rías, las altas superficies planas o las anomalías en la red fluvial con valles maduros y pronunciados encajamientos.

### 1.2.2. Estudio del modelado

A continuación se describen las diferentes formas del relieve, tanto erosivas como deposicionales (formaciones superficiales), derivadas de la actuación de los procesos geomorfológicos.

Las formas del relieve de la Hoja 152 (VILAGARCÍA DE AROUSA) destacan por su variedad genética y además, en el caso de las formaciones superficiales, por su extensión; la potencia mínima cartografiada en las formaciones superficiales es de 0,5 metros, sin embargo pueden llegar a alcanzar varios metros de espesor. En general, son las formas gravitacionales y fluviales las de mayor desarrollo espacial. Otras formas con menor desarrollo espacial pero de igual significación geomorfológica son las formas estructurales, eólicas, lacustres, litorales, de meteorización y poligénicas. Todas estas formas se han agrupado según los sistemas morfogenéticos a los que pertenecen y se han reconocido:

#### *Formas estructurales*

Los **valles de fractura** son formas indicadoras de la influencia de la fracturación en el relieve, ya sea por las deformaciones en superficie relacionadas con fracturas recientes o por efecto de la erosión diferencial en fracturas relictas. Los criterios que se han tomado para identificar un valle de fractura son la superposición o situación en prolongación o en paralelo de un segmento fluvial rectilíneo, independientemente del orden del curso fluvial en el que se incluye, a una fractura.

Entre los valles de fractura cartografiados destacan los sistemas de orientación N-S y NE-SO; los principales valles de fractura son, en el sistema N-S, los valles de los ríos Bermaña y Chaín, así como el valle del Río Gallo, asociado a importantes fenómenos de hidrotermalismo, y, en el sistema NE-SO, los valles de los ríos Ulla, Umia y Loureiro. Estos valles de fractura están relacionados con algunas de las principales fallas variscas de esta Hoja; estas fallas también muestran indicios de su reactivación posterior.

Desde la costa atlántica de Galicia hasta el Banco de Galicia se observa una corteza adelgazada mediante un sistema de fallas normales lítricas N-S producido durante la apertura del Océano Atlántico. La edad de esta estructura es Jurásica y Cretácica inferior (MURILLAS et al., 1990). Este sistema de fracturación también se encuentra ligado a las cuencas sedimentarias de edad terciaria del sur de Galicia (Tuy, Monçao y Verín). Estas cuencas parecen ser de tipo “*pull-apart*” y a ellas se asocian fallas normales que indicarían una extensión E-O relacionada con la compresión N-S producida por la colisión entre las placas Europea e Ibérica y causante del Orógeno Pirenaico-Cantábrico entre el Eoceno y Mioceno (SANTANACH, 1994).

Las fracturas NE-SO son, en general, rectilíneas subverticales y con una componente de desgarre en dirección levógira. En Galicia este sistema aparece conjugado con el sistema NO-SE, en este caso dextrógiro. Estos sistemas conjugados están relacionados con el sistema de esfuerzos compresivos N-S en la terminación occidental del Orógeno Pirenaico-Cantábrico (SANTANACH, 1994).

#### *Formas de ladera*

Dentro de las formaciones superficiales de la zona de estudio, los **coluviones** son las que mayor representación cartográfica presentan. En general, esta formación se localiza en relieves suaves al pie de las laderas. La extensión cartográfica de los depósitos puede variar según se desarrolle en fondos de valle o en amplias superficies de topografía suave y ondulada.

Los depósitos están constituidos por clastos angulosos y heterométricos con abundante matriz areno-arcillosa, enriquecida frecuentemente en materia orgánica. La litología de los materiales puede ser granítica o cuarcítica con matriz fundamentalmente arenosa o esquistosa con matriz predominantemente limo-arcillosa. Los afloramientos observados muestran potencias que varían entre los 0.5 m y los 3 m.

Se trata de una formación originada por la acción conjunta de la gravedad y del agua en las laderas; principalmente, por procesos de reptación con participación de fenómenos de arroyada en fondos de valle o en laderas con pendientes suaves. Debido a que son depósitos de transporte moderado, en general suelen reposar sobre las formaciones del sustrato de las que proceden.

Las escasas evidencias de procesos gravitacionales actuales en esta formación y su gran extensión parecen indicar que se trata de materiales originados en laderas colonizadas por una vegetación más escasa que en la actualidad; estas características inducen a relacionar su origen con los periodos fríos del Cuaternario. En este sentido, ALONSO Y PAGÉS (2000) diferencian en las costas de las provincias de A Coruña y Lugo una formación superficial a la que denominan Formación Arnela con características sedimentológicas comparables a las anteriormente descritas. Estos autores describen esta formación como una unidad compleja de potencia variable que presenta varios cambios de facies, pero que consiste básicamente en arenas gruesas con cantos y bloques dispersos y que interpretan como episodios de transporte en masa procedentes de relieves adyacentes. Las dataciones de diversas muestras por el método del radiocarbono han situado la edad de esta formación entre los 70.000 y los 25.000 años BP, es decir, en los primeros estadios de la última etapa glacial pleistocena (Würm).

La larga evolución, gran extensión y los limitados afloramientos de los coluviones hacen difícil la diferenciación cartográfica, dentro de esta formación, de otras formaciones superficiales de aspecto cartográfico similar pero de génesis diferente. Esta dificultad implica que en algunas ocasiones los coluviones puedan presentar características sedimentológicas heterogéneas más propias de depósitos cuaternarios indiferenciados.

Los **derrubios** se localizan en laderas con pendientes elevadas por lo que se encuentran agrupados en posiciones topográficas altas y entorno a los principales relieves de la Hoja, como son los montes Xiabre, Lobería, Acibal o Armada.

Los depósitos están constituidos por clastos angulosos y heterométricos con escasa matriz. La litología de los materiales puede ser granítica o cuarcítica con matriz fundamentalmente arenosa o esquistosa con matriz predominantemente limo-arcillosa.

Esta formación superficial se interpreta como el resultado de la fragmentación de las rocas por gelifracción y posterior movilización de los fragmentos por procesos de caída, deslizamiento o flujo en laderas con pendientes elevadas y escasa vegetación. En este sentido, ALONSO Y PAGÉS (2000) diferencian en las costas de las provincias de A Coruña y Lugo una unidad comparable a la formación superficial aquí descrita a la que denominan Formación Moreiras. Estos autores describen esta formación como una unidad compuesta por conglomerados de cantos muy angulosos que constituyen acumulaciones caóticas de tipo canchal y que interpretan como episodios de transporte en masa en laderas desprovistas de vegetación y

expuestas a gelifracción. La edad de la formación la sitúan entre los 25.000 y los 15.000 años BP, es decir, en el pleniglaciario de la última etapa glaciario pleistoceno (Würm).

Los **movimientos en masa** cartografiados forman pequeñas lenguas alargadas en fondos de valle, entorno a los relieves de la Peña de Lantañón y del Monte do Castro; su dimensión es reducida por lo que en la mayoría de los casos no son cartografiables.

Los depósitos están constituidos por clastos heterométricos y angulosos con matriz arenarcillosa. La litología de los materiales puede ser granítica o cuarcítica con matriz fundamentalmente arenosa o esquistosa con matriz predominantemente limo-arcillosa.

Estos depósitos son movimientos controlados fundamentalmente por procesos de tipo flujo con participación de fenómenos de arroyada que afectan a depósitos con matriz detrítica poco consolidada, como son los coluviones y derrubios; es frecuente que el material afectado por estos procesos presente un alto contenido de humedad.

Al igual que las formaciones de ladera anteriormente descritas, parece que su origen está relacionado con las condiciones periglaciares de la última etapa glaciario pleistoceno (Würm).

#### *Formas fluviales y de escorrentía superficial*

Las **incisiones en “v”** se localizan fundamentalmente en las partes altas de las laderas, sin embargo también pueden aparecer en tramos bajos de cursos fluviales, como en los ríos Umia y Lérez. La longitud de estas formas puede variar desde centenares de metros hasta varios kilómetros de longitud.

El estudio de la morfología de los cauces y de la red de drenaje permite interpretar algunas características de los procesos que han generado las incisiones en “v”. La morfología de los cauces de estas formas es, según la clasificación de MORISAWA (1985), de tipo rectilíneo mientras que la morfología de la red de drenaje más frecuente es, según la clasificación de HOWARD (1967), de tipo dendrítico. La morfología del cauce indica que se trata de cursos fluviales con alta energía y gran capacidad para el arranque y arrastre de material; en este sentido, el perfil transversal en “v” de los valles asociados a estas formas apunta además a que la tasa de encajamiento fluvial es semejante a la del retroceso de ladera. Por su parte, la morfología de la red de drenaje indica un origen relacionado con el tránsito de escorrentía superficial difusa a concentrada; en los tramos altos de estas formas el caudal de sus cursos fluviales asociados presentaría un régimen discontinuo mientras que en los tramos más bajos



y relacionados con cursos fluviales, con un grado de madurez mayor, el régimen llegaría a ser continuo.

En algunos casos se pueden observar morfologías de la red de drenaje de tipo paralelo, rectangular o contorsionado, como en los ríos Louro, Lérez o Chaín respectivamente. Estas morfologías de drenaje podrían estar controladas por la estructura del sustrato.

Por último, es necesario mencionar que en algunos casos las incisiones en “v” presentan trazados meandriformes. La escasa relación que presentan estos meandros encajados con las actuales condiciones de pendiente y carga de sedimento disponible parece indicar que se trata de formas previas; ya sea por procesos de inadaptación de la red fluvial, debido a un rápido levantamiento, o bien por procesos de sobreimposición, debido al control que un paleorrelieve ya erosionado ha ejercido sobre la geometría de la actual red fluvial.

Las **cascadas** cartografiadas señalan un cambio brusco de pendiente en el perfil de los ríos Umia y Barosa con un desnivel de 50 (entre las cotas de 30 y 80 m) y 40 m (entre las cotas de 40 y 80 m) respectivamente.

En los dos casos mencionados estas formas parecen señalar un cambio en la resistencia de los materiales por los que circula la corriente fluvial condicionada por la litología o el grado de alteración. En el caso del río Umia este cambio coincide con el contacto entre el Granito de dos micas y el PGCR mientras que en la cascada del Río Barosa coincide con diferentes grados de alteración en la facies porfídica del PGCR.

Los depósitos **aluvio-coluviales** se localizan en fondos de valle o depresiones cerradas.

Se trata de una formación superficial con clastos desde angulosos a subangulosos y matriz abundante de carácter limo-arcilloso; también es frecuente observar niveles intercalados de limos y arcillas sin apenas clastos. La litología de los materiales puede ser granítica o cuarcítica con matriz fundamentalmente arenosa o esquistosa con matriz predominantemente limo-arcillosa. Los suelos originados sobre estos depósitos son, en general, poco evolucionados y corresponden a suelos grises y pardos, en los que aparece un horizonte orgánico bien desarrollado.

El hecho de que esta formación aparezca en relación con los tramos de la red fluvial con menor grado de madurez indica que estos depósitos son el resultado de la interacción de procesos fluviales y de gravedad generados en las vertientes adyacentes a los fondos de valle

en los que aparecen. En este sentido, la alternancia de niveles con clastos y niveles de limos y arcillas sin apenas clastos, también explica una alternancia entre procesos gravitacionales y periodos de inundación.

Los **fondos y abanicos torrenciales** se localizan en la confluencia de cursos tributarios de pendientes elevadas con cursos fluviales de orden superior. Morfológicamente, presentan perfiles longitudinales y transversales convexos y, en el caso de los abanicos torrenciales, planta en forma de abanico.

Los depósitos están constituidos por gravas y bloques de formas subangulosas a subredondeadas y escasa matriz arenosa. La litología de los materiales puede ser granítica o cuarcítica con matriz fundamentalmente arenosa o esquistosa con matriz predominantemente limo-arcillosa.

A pesar de que algunos de estos depósitos pueden activarse en épocas de lluvias, su génesis parece estar relacionada con fenómenos fluvio-torrenciales, afectando a materiales poco coherentes, principalmente formaciones superficiales, en laderas colonizadas por una vegetación más escasa que en la actualidad. Por otra parte, la presencia aleatoria de estos depósitos a la salida de cuencas fluvio-torrenciales de características similares induce a caracterizarlos como formaciones en proceso de fosilización. En base a estas interpretaciones se les ha asignado una edad Pleistoceno-Holoceno.

La localización a nivel regional de depósitos aluvio-coluviales a la salida de cuencas fluvio-torrenciales o con depósitos torrenciales adyacentes o subyacentes, parece indicar que los depósitos aluvio-coluviales también estuvieron relacionados en origen con el funcionamiento de los sistemas fluvio-torrenciales pleistocenos. En base a esta interpretación también se les ha asignado una edad Pleistoceno-Holoceno.

Las principales **llanuras de inundación** cartografiadas se localizan en los ríos Umia y Chaín. Las llanuras de inundación cartografiadas coinciden con la primera llanura sobre el cauce del río.

Los materiales que constituyen estos depósitos están formados por clastos heterométricos, bloques y gravas, desde subredondeados a subangulosos con abundante matriz areno-limosa; además, son frecuentes las intercalaciones de niveles irregulares arenosos y limo-arcillosos.

Los clastos son fundamentalmente cuarcíticos y con carácter accesorio existen clastos graníticos o esquistosos.

Se les asigna una edad Holocena, por ser depósitos con numerosas evidencias de actividad reciente.

Sobre la llanura de inundación del Río Umia se pueden observar algunas huellas de antiguas zonas de circulación de agua colmatadas por depósitos de carácter limo-arcilloso.

Las **terrazas** se localizan asociadas a los cursos fluviales de los ríos Umia, Cañón, Barca, Cardín, Follente, Bermaña, Loureiro, Chaín, Barosa y Gallo.

Las observaciones de sus escasos afloramientos permiten afirmar que la litología de los cantos está formada mayoritariamente por cantos de Granito de dos micas y del Grupo Paraño en las terrazas de los ríos Cardín, Follente, Bermaña, Barosa y Gallo; mientras que en los ríos Umia, Cañón, Barca, Loureiro y Chaín la mayoría de los cantos pasan a estar formados por cantos del PGCR y de los esquistos del Grupo Paraño.

Como se observa en la cartografía se han llegado a identificar dos niveles de terrazas:  $T_1$  y  $T_2$ . El primer nivel ( $T_1$ ) se dispone sobre las llanuras aluviales de los ríos Umia, Cañón, Barca, Cardín, Follente, Bermaña, Loureiro, Chaín, Barosa y Gallo, sin embargo, el segundo nivel ( $T_2$ ) tan solo aparece en los ríos Barca y Cardín.

Hay que mencionar que en la mayoría de los casos los **bordes de terraza** inferiores, tanto del primer como del segundo nivel, son poco netos, a su vez, los bordes superiores se encuentran enmascarados por formaciones de ladera. En el caso de los bordes superiores de algunas de las terrazas de los ríos Umia y Chaín hay que destacar su forma en planta de abanico, que indica la existencia de aportes de torrentes subsidiarios al curso principal. La ausencia de un cambio en las pendientes de estas terrazas o de afloramientos que indiquen un cambio sedimentológico desde el borde superior hacia el inferior, a hecho muy difícil el delimitar netamente estos depósitos torrenciales por lo que en la cartografía tan sólo se han delimitado con una traza discontinua.

Los **rellanos** fluviales son pequeñas superficies de topografía suave y subhorizontal limitadas por cambios bruscos de pendiente con escasos metros de desnivel; en la Hoja, no se han observado, sobre estas formas, depósitos fluviales.

Los rellanos han sido interpretados como restos degradados de terrazas fluviales erosivas. Esta interpretación depende de que sus características litológicas no indiquen un origen relacionado con erosión diferencial y que, además, exista una relación cartográfica con otras hombreras o formas de claro origen fluvial; esta relación cartográfica consiste en que las formas relacionadas definan bandas relativamente estrechas, alargadas, próximas a cursos fluviales actuales y con una pendiente similar a la de estos cursos.

#### *Formas eólicas*

Los **campos de dunas** cartografiados se localizan en la línea de costa próxima a la localidad de Vilanova de Arousa. Esta formación superficial se presenta en depósitos alargados y paralelos a la línea de costa y está constituida mayoritariamente por arenas finas. La morfología original de estas dunas es difícil de precisar ya que los escasos depósitos se encuentran enmascarados por actividades antrópicas.

#### *Formas semiendorreicas*

En la Hoja existen dos zonas donde aparecen **turberas** de interés: la primera se sitúa en la cabecera del Río Bermaña (Alto Gallufe) a una cota de 300 m y la segunda se sitúa en el entorno del Monte Acibal a cotas de 340 y 480 m (Outeiro Branco y Alto da Estada). Los depósitos están constituidos por turba y arcillas negras con intercalaciones de derrubios, localizados en áreas mal drenadas, con escasa pendiente y asociadas a arroyos.

Las características litológicas de esta formación son semejantes a las de la Formación Nois descrita en las costas de las provincias de A Coruña y Lugo por ALONSO y PAGÉS (2000). Estos autores interpretan a esta formación como una turbera local en la línea de costa que coexistiría con coladas de soliflucción en zonas de mayor pendiente y la datan por el método del radiocarbono en los primeros estadios de la última etapa glacial (Würm).

#### *Formas litorales*

La única **rasa** cartografiada se localiza en la Punta de Pedrarrubia, en la esquina noroeste de la zona de estudio, y presenta una topografía arrasada y de suave pendiente hacia el mar (inclinación máxima del 3 por 100). Esta forma se ha clasificado según su cota: R<sub>5-20</sub>.

El origen de las rasas se relaciona con fenómenos de abrasión marina e importantes oscilaciones en el nivel del mar. El reajuste isostático por la pérdida de masa que supuso el desmantelamiento de la Cordillera Varisca, el levantamiento de los relieves alpinos y la

disminución de agua de los océanos como consecuencia de las glaciaciones pleistocenas originó que las plataformas de abrasión marina precuaternarias quedaran elevadas por encima del nivel del mar.

Las **playas** cartografiadas en la Hoja se presentan en franjas estrechas, alargadas, paralelas a la línea de costa y están constituidas mayoritariamente por arenas finas y fangos con alto contenido en materia orgánica. Su origen está en relación con ambientes donde la energía del oleaje es relativamente baja.

Las **llanuras de marea** están constituidas por arenas fangosas y se sitúan en la zona intermareal. Su origen está en relación con ambientes interiores y poco profundos de la ría donde la energía del oleaje es baja y las corrientes de marea conviven con la descarga fluvial.

En las desembocaduras de los ríos Ulla y Umia se han cartografiado las principales barras arenosas y canales de dos **deltas sumergidos** donde las corrientes de marea conviven con la descarga fluvial.

Las **terrazas** cartografiadas se localizan en una banda paralela a la línea de costa situada entre las localidades de Vilanova y Vilagarcía de Arousa y en cotas que oscilan entre los 0 y 20 m. Los depósitos están formados por cantos de granito con un redondeamiento variable, si bien predominan los tipos redondeados a subredondeados, y dispersos en una matriz de arenas arcillosas. Estos depósitos suelen estar recubiertos por arenas finas. Las características mencionadas y su relación con otros depósitos semejantes en el borde litoral de zonas próximas a la Hoja han llevado a interpretarla como una terraza marina.

Las **marismas** son depósitos fangosos y presentan bioturbación por raíces y la vegetación es abundante y propia de ambientes salinos.

#### *Formas de meteorización química*

Los **mantos de meteorización** se han podido delimitar cartográficamente por su relación con determinados usos del suelo como pueden ser los cultivos o prados y con topografías deprimidas y suaves. En la Hoja los mantos de alteración se pueden observar sobre varias litologías, sin embargo, son claramente más extensos y potentes los desarrollados sobre el PGCR. Los mantos de meteorización están, en general, enriquecidos en cuarzo y fragmentos líticos producto de las removilizaciones de las partículas menos resistentes a la meteorización.

Los mantos de meteorización pueden incluirse en una forma de meteorización mayor denominada **alveolo de alteración** que, además de los mantos de meteorización, incluye afloramientos del sustrato sin meteorizar, exhumados por la removilización del regolito desarrollado en la etapa de meteorización.

Los **roquedos** de la Hoja son masas graníticas constituidas por zonas de roca masiva y poco diaclasada y en las que abundan pináculos rocosos y acumulaciones de bloques. Los pináculos rocosos son pequeños relieves constituidos por rocas acastilladas dispuestas a favor de una red de diaclasado. Los bloques son las formas de alteración más numerosas y, situados aisladamente o en grupo, se encuentran ampliamente distribuidos por las áreas graníticas de la Hoja. El tamaño de los bloques representados en la cartografía puede llegar acercarse a los 10 m de altura. En este sentido destacan los bloques desarrollados en el PGCR que, en general, son de mayor tamaño que los desarrollados en el resto de los granitos de la hoja.

El origen de todas estas formas de alteración está relacionado con una meteorización diferencial subsuperficial y la posterior exhumación de los núcleos de roca fresca.

#### *Formas poligénicas*

Las **superficies de erosión** cartografiadas en la Hoja son superficies de topografía suave y pendientes bajas y limitadas frecuentemente por escarpes que definen cambios bruscos de pendiente. En la Hoja se han clasificado, según su cota, tres superficies de erosión: S<sub>200</sub>, S<sub>400</sub> y S<sub>500</sub>.

Según la bibliografía (THOMAS, 1994; BREMER, 1981; TWIDALE, 1987 y VIDAL ROMANÍ y TWIDALE, 1998) el origen y pervivencia de estas formas se relaciona con la combinación de factores estructurales y litológicos, como la estabilidad tectónica y un basamento cristalino, y la actuación de procesos de meteorización y fluviales propios de climas tropicales con estación seca y húmeda que propicien el desarrollo de potentes mantos de alteración durante prolongados periodos de alteración subsuperficial.

La diferenciación de las superficies de erosión cartografiadas ha dependido de que las características litológicas de la superficie considerada no indiquen un origen relacionado con la erosión diferencial y, además, de la existencia de una relación cartográfica con otras superficies de erosión, otras formas poligénicas, como relieves residuales; esta relación

cartográfica consiste en que las superficies relacionadas definan superficies extensas con cotas y pendientes equivalentes.

Los **relieves residuales** cartografiados son montículos, en algunos casos biselados en sus culminaciones y asociados a una superficie de topografía suave.

Las características antes mencionadas han llevado a interpretarlos como relieves residuales relacionados con la degradación de una superficie de erosión. Esta interpretación se ha aplicado a aquellos montículos en los que existe una relación cartográfica con otros montículos y superficies de erosión; esta relación cartográfica consiste en que las formas relacionadas definan superficies extensas con cotas y pendientes equivalentes.

Formas antrópicas

Se han representado como **superficies fuertemente remodeladas por el hombre** a los núcleos urbanos de Vilagarcía y Vilanova de Arousa, Cambados, Rianxo y Caldas de Reis por tratarse de áreas en las que las actividades antrópicas dificultan la reconstrucción geomorfológica o que influyen de forma importante en la dinámica de algunos procesos geomorfológicos como es el caso del núcleo de Caldas de Reis.

### **1.3. Evolución geomorfológica**

Durante el Mesozoico, el Macizo Varisco era una cordillera montañosa afectada por periodos de intensa erosión que empezarían a suavizar el relieve y a trazar una red fluvial en relación con las principales estructuras variscas (BIROT Y SOLE SABARIS, 1954). Mientras, se producía un adelgazamiento litosférico que culminó con el comienzo de la apertura en el Jurásico inferior del Océano Atlántico que dio lugar al margen occidental de Galicia (MOUGENOT, 1989).

Entre el Cretácico superior y el Paleógeno, el Macizo Varisco estaba sometido a un clima con altas temperaturas y abundantes precipitaciones y una densa cobertera vegetal (UCHUPI, 1988; RAT, 1982) que favorecerían la formación de uno de los principales rasgos geomorfológicos del noroeste peninsular: la Superficie Fundamental (MARTÍN-SERRANO, 1991). En la Hoja, la Superficie Fundamental se conserva en los montes Acibal, Castro de Sebil y Chan do Curro (S<sub>500</sub>). Por su parte, la red fluvial debía de seguir reflejando mayoritariamente las orientaciones N-S de las principales direcciones litológicas y

estructurales variscas aunque parte de esta red ya estaría drenando al Atlántico a lo largo de los sistemas de fracturación frágil NE-SO y esbozando el trazado general de la Ría de Arousa (PAGÉS, 2000).

Las diferentes características litológicas y estructurales de las rocas del sustrato del Macizo Varisco, sobre las que se generó la Superficie Fundamental, provocaron la meteorización selectiva de las mismas. Esta meteorización fue muy intensa y profunda allí donde el sustrato fuera fácilmente alterable y, en cambio, apenas progresó sobre el sustrato resistente. La consecuencia es que el manto de meteorización adquirió un espesor notablemente irregular; esta irregularidad geométrica en el frente de meteorización basal no se reflejaría en superficie, la superficie sería suave como la descrita para la Superficie Fundamental.

Durante el Paleoceno-Eoceno comienza un régimen compresivo como resultado de la convergencia entre la placas Ibérica y Euroasiática (BOILLOT y MALOD, 1988). A partir de este momento, la evolución del relieve de la Hoja hay que enmarcarla en un contexto de levantamiento del zócalo varisco (VIDAL ROMANÍ, 1983). Esta circunstancia dio lugar a un descenso en el nivel de base de la red fluvial que, a su vez, provoca el encajamiento de la red en la Superficie Fundamental (NONN, 1966). Por otra parte, el Macizo Varisco estuvo sometido a una variación climática hacia condiciones más estacionales, con estación húmeda y seca, que comenzaron a degradar la cobertura vegetal y el espeso manto de meteorización que cubría. En estas circunstancias, el manto de meteorización asociado a la Superficie Fundamental, comenzó a erosionarse dejando al descubierto la superficie del frente de meteorización basal ( $S_{400-500}$ ); en la Hoja se originan amplios valles y cabeceras fluviales como los de los ríos Cornide y Sequeiros.

A finales del Mioceno, existe una significativa etapa de estabilidad tectónica que permite desarrollar en el entorno de la Ría de Arousa una amplia superficie ( $S_{200}$ ) con una red fluvial madura que ya parece tener preferencia por la orientación NE-SO (PANNEKOEK, 1970; PAGÉS, 1996).

A partir del plioceno, una fuerte epirogénesis (CABRAL, 1995) y un cambio radical en las condiciones climáticas, caracterizado por la aparición de las etapas glaciares pliocuaternarias (PENCK Y BRÜKNER, 1901-1909), dieron lugar a un avance general de la línea de costa varios kilómetros al oeste de su posición actual. Como consecuencia de este fenómeno, la



plataforma de abrasión marina precuaternaria quedó elevada por encima del nivel del mar, lo que dio lugar a la aparición de la rasa costera.

El avance y retroceso de la línea de costa tuvo lugar varias veces a lo largo del Cuaternario, provocando distintas rasas a diferentes niveles. En las etapas con una línea de costa más retirada que la actual la red de drenaje se encajaba, originando valles fluviales que disectaron la rasa costera. En el interior, el encajamiento de la red fluvial provocó la degradación de la S<sub>200</sub> y el comienzo del vaciado del manto de meteorización del alveolo del PGCR.

En la última etapa glacial las condiciones periglaciares que afectaban a la zona de estudio originaron abundantes formaciones de ladera como coluviones, derrubios o flujos y en las zonas deprimidas y mal drenadas la escasa vegetación existente llegaría a formar turberas.

Finalmente en el Holoceno las temperaturas fueron aumentando hasta alcanzar las actuales condiciones climáticas lo que produjo un nuevo avance de la línea de costa desde la última etapa glacial hasta la posición actual.

#### **1.4. Procesos activos**

El modelado del actual relieve de la Hoja 152 (VILAGARCÍA DE AROUSA) es consecuencia de la actuación, a lo largo del tiempo, de procesos geológicos endógenos y exógenos. Los procesos más recientes se han representado cartográficamente en el Mapa de Procesos Activos 152 (VILAGARCÍA DE AROUSA) a escala 1:50.000 mediante las formas, tanto erosivas como deposicionales, que han generado. En el Mapa también se proporciona una valoración cualitativa del grado de actividad de dichos procesos en la actualidad, basada en el grado de conservación de las formas que han generado, la comparación de estas formas en fotografías aéreas de distintas fechas y estudios geomorfológicos regionales. Esta valoración ha permitido proponer en la leyenda del Mapa tres niveles de atención (bajo, moderado y notable) que proyectos o estudios de cualquier clase deben prestar a estos procesos. La información aportada en este mapa es una estimación orientativa de la actividad de los procesos geológicos representados que no exime de la necesidad de realizar estudios geodinámicos más detallados en proyectos o estudios de cualquier clase.

Entre los procesos geológicos endógenos con actividad reciente en la Hoja 152 (VILAGARCÍA DE AROUSA), cabe citar la actividad sísmica (ver esquema de actividad

sísmica del Mapa de Procesos Activos 152). El Catálogo General de Sismos del IGN ha registrado 4 sismos con epicentro incluido en la Hoja; los valores de magnitud registrados han estado siempre por debajo de los 4 Mw. Los valores de máxima intensidad previsible para un periodo de retorno de 500 años son inferiores a VI MSK y los de aceleración sísmica para un periodo de retorno de 500 años son inferiores a 0.036 g (RUEDA y MEZCUA, 1997).

Entre los procesos geológicos exógenos que en la actualidad modelan el relieve de la Hoja 152 (VILAGARCÍA DE AROUSA), destacan por su importancia la dinámica de laderas y los procesos fluviales.

La dinámica de laderas ha generado coluviones, derrubios y movimientos en masa. Las escasas evidencias actuales de procesos gravitacionales y de escorrentía superficial asociados a los coluviones y derrubios de esta Hoja permiten proponer un nivel de atención bajo a los procesos de caída, deslizamiento, flujo y arroyada que han generado estos depósitos. Los movimientos en masa cartografiados también se han interpretado como depósitos fundamentalmente heredados, sin embargo, la alta probabilidad de reactivación por variaciones, ya sean por causas naturales o antrópicas, de carga, geometría, estabilidad sísmica, humedad o cobertera vegetal aconsejan proponer un nivel de atención moderado para estos procesos. También se ha representado, mediante una letra, el tipo de material, en cuanto a su comportamiento mecánico, implicado en el movimiento en masa; **(R)** si el movimiento ha afectado a las rocas del sustrato, **(D)** cuando el material afectado es una mezcla de fragmentos rocosos con escasa matriz y **(S)** cuando el material afectado tenga abundante matriz.

Se puede afirmar que los procesos activos de la Hoja están fundamentalmente representados por los procesos de erosión de carácter fluvial. La Hoja, en general, presenta una red de drenaje con alta densidad y baja sinuosidad, que al transcurrir por zonas con pendientes elevadas propician el arranque y arrastre de material, dando lugar a una generalizada red de incisión.

Los procesos de inundación y sedimentación actúan fundamentalmente en los principales valles fluviales. Se han representado como zonas inundables las llanuras de inundación y algunas terrazas inundables en avenidas con mayor tiempo de recurrencia. También se producen procesos de inundación y sedimentación en los fondos de valles secundarios, aunque suelen tener un carácter esporádico debido al encauzamiento muy incipiente del agua.

Es importante destacar que cuando disminuyen los caudales de la avenida tiene lugar la sedimentación, aportando depósitos de decantación sobre las zonas inundables. Los procesos de inundación y sedimentación también pueden manifestarse en depósitos con pendientes más pronunciadas como los fondos torrenciales.

Los procesos de inundación y sedimentación también se encuentran asociados a la dinámica lacustre, en los pantanos y turberas, y a la dinámica litoral, en los ambientes de playa, marisma, llanuras de marea, deltas sumergidos y lagunas costeras.

Los procesos de sedimentación también pueden observarse en los mantos eólicos y en los campos de dunas; sin embargo, también soportan procesos erosivos relacionados con la transgresión holocena y las actividades antrópicas.

Los procesos de origen antrópico han introducido modificaciones en el paisaje del área cartografiada; estas actividades, por ejemplo, han llevado a cabo movimientos de materiales que han originado escombreras o superficies fuertemente remodeladas por el hombre. Sólo se han representado las formas antrópicas que dificultan la reconstrucción de la geología o que influyen de forma importante en la dinámica de algunos procesos geológicos actuales.



## 2. BIBLIOGRAFÍA

- ABRIL HURTADO, J. e IGLESIAS, M. (1985): Mapa Geológico de España, escala 1:200.000, Hoja 16-26 Pontevedra-La Guardia y memoria explicativa. *IGME. Serv. Publ. Minist. Industria, Madrid*: 160 p.
- ALONSO, A. y PAGÉS, J.L. (2000): El registro sedimentario del final del Cuaternario en el litoral noroeste de la Península Ibérica. Márgenes cantábrico y atlántico. *Rev. Soc. Geol. España*, **13** (1): 17-29.
- BIROT, P. y SOLE SABARIS, L. (1954): Recherches morphologiques dans le Nord-Ouest de la Peninsule Ibérique. *Mem. et Doc. CNRS*, **7**: 61 p.
- BOILLOT, G. y MALOD, J. (1988): The north and northwest Spanish continental margin: A review. *Rev. Soc. Geol. Esp.*, **1** (3-4): 295-316.
- BREMER, H. (1981): Reliefformen und reliefbildende Prozesse in Sri Lanka. *En: Zur Morphogenese in den feuchten Tropen: Verwitterung und Reliefbildung am Beispiel von Sri Lanka, Relief Boden Paäoklima, Bremer, H., Schnütgen, A. y Späth, H.*, **1**: 7-183.
- CABRAL, J. (1995): Neotectónica em Portugal continental. *Memorias do Instituto geológico e Minero, Lisboa*, **31**: 265 p.
- CARLE, W. (1949): Las Rías bajas gallegas. *Est. Geográficos*, **35**: 323-330.
- COTTON, C.A. (1956): Rias sensu stricto and sensu lato. *Geogr. Jour.*, **122**: 360-364.
- GUTIÉRREZ ELORZA, M. (1994): Geomorfología de España. *Rueda, Madrid*: 526 p.
- HERNÁNDEZ, J., GONZÁLEZ, F., FERNÁNDEZ, J.J., CASQUET, C., NAVIDAD, M.HILGEN, J.D. y HUERGA, A. (1982): Memoria y Mapa Geológico de España, E. 1:50.000. Hoja nº152: Villagarcía de Arosa. *IGME. Serv. Publ. Minist. Industria, Madrid*: 28 p.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E. (1912): Ensayo de síntesis geológica del N de la Península Ibérica. *Trab. Mus. Nac. Ciencias Naturales (Geol)*, **5**.

- HERNÁNDEZ-PACHECO, F. (1949): Geomorfología de la cuenca media del Sil. *Mem. R. Ac. Ciencias E. F. y Naturales*, **13**: 112 p.
- HOWARD, A.D. (1967): Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, **51**: 2246-2259.
- LLANA-FÚNEZ, S. (2001): La estructura de la Unidad de Malpica-Tui (Cordillera Varisca en Iberia). Serie Tesis Doctorales, *IGME, Ministerio de Ciencia y Tecnología*: **1**, 295 p.
- MARTIN-SERRANO, A. (1988): El relieve de la región occidental zamorana. La evolución geomorfológica de un borde del Macizo Hespérico. *Instituto de Estudios Zamoranos "Florian de Ocampo", Diputación de Zamora*: 311 p.
- MARTÍN-SERRANO, A. (1991): La definición y el encajamiento de la red fluvial actual sobre el Macizo Hespérico en el marco de la geodinámica alpina. *Rev. Soc. Geol. Esp.*, **4**: 337-351.
- MORISAWA, M. (1985): Rivers. Form and process. *Geomorphology texts, 7. Longman London*.
- MOUGENOT, D., (1989): Geologia da Margem Portuguesa. Pub. (G)-IH-192-DT, Tese, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI: 259 p.
- MURILLAS, J., MOUGENOT, D., BOILLOT, G., COMAS, M.C., BANDA, E. y MAUFFRET, A. (1990): Structure and evolution of the Galicia Interior Basin Atlantic western Iberian continental margin). *Tectonophysics*, **184**: 297-319.
- NONN, H. (1966): Les Regions Cottieres de la Galice (Espagne). Etude Geomorphologique. *Tesis Doctoral inédita. Les Belles Lettres. Faculte des Lettres de l'Universite de Strasbourg*: 591 p.
- PAGÉS, J.L. (1996) La cuenca del Xallas y su entorno. Evolución cenozoica del relieve en el oeste de la provincia de Coruña. *Tesis Doctoral inédita. Departamento de Estratigrafía. Facultad de Geología. Universidad Complutense de Madrid*: 300p.
- PAGÉS, J.L. (2000): Origen y evolución geomorfológica de las rías atlánticas de Galicia. *Rev. Soc. Geol. España*, **13 (3-4)**: 393-403.

- PAGÉS VALCARLOS, J. L y VIDAL ROMANÍ, J. R. (1998): Síntesis de la evolución geomorfológica de Galicia Occidental. *Geogaceta*, **23**: 119-122.
- PANNEKOEK, A.J. (1966): The geomorphology of the surroundings of the Ria de Arosa (Galicia, NW Spain). *Leidse Geol. Mededelingen*, **37**: 7-32.
- PANNEKOEK, A.J. (1970): Additional geomorphological data on the ria area of western Galicia (Spain). *Leidse Geol. Mededelingen*, **37**: 185-194.
- PARGA PONDAL, I. (1958): El relieve geográfico y la erosión diferencial de los granitos en Galicia. *Homenaxe a Ramón Otero Pedrayo*, **6**: 129-136.
- PENCK, A. y BRÜCKNER, E. (1901-1909): Die Alpen im Eiszeitalter. Tauchnitz, Leipzig, **3**: 1396 p.
- RAT, P. (1982): Factores condicionantes en el Cretácico de España. *Cuadernos de Geología Ibérica*, **8**: 1059-1076.
- RICHTHOFEN, VON F. (1886): Führer für forschungreisende. *Jenecke, Hannover*: 743 p.
- RIO, F.J. y RODRÍGUEZ, F. (1992): Os ríos galegos. Morfoloxía e réxime. *Consello da Cultura Galega. Santiago de Compostela*: 331 p.
- RUEDA, J. y MEZCUA, J. (2001): Sismicidad, sismotectónica y peligrosidad sísmica en Galicia. *Instituto Geográfico Nacional*, pub. **35**: 64 p y 1 mapa.
- SANTANACH, P. (1994): Las cuencas terciarias gallegas en la terminación occidental de los relieves pirenaicos. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, **19**: 57-72.
- SCHEU, E. (1913): Die Rias von Galicien, ihr Werden und Vergehen. *Zschr. Ges. Erdk. Berlin*: 84-114, 193-210.
- TEIXEIRA, C. (1944): Tectónica plio-pleistocena do NW peninsular. *Bol. Soc. Geol. Portugal*, **IV**: 1-2, 19-40.
- THOMAS, M.F. (1994): Geomorphology in the tropics: A study of weathering and denudation in low latitudes. *John Wiley and Sons LTD., Chichester, UK*: 460 p.
- TORRE ENCISO, E. (1954): Contribución al conocimiento morfológico y tectónico de la ría de La Coruña. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Natural*, **52**: 21-51.

- TWIDALE, C.R. (1987): Etch and intracutaneous landforms and their implications. *Australian Jour. Earth Sci.*, **34**: 367-386.
- UCHUPI, E. (1988): The Mesozoic-Cenozoic geologic evolution of Iberia, a tectonic link between Africa and Europe. *Rev. Soc. Geol. España*, **1 (3-4)**: 257-294.
- VANNEY, J.R., ROJOUAN, F., TEMINE, D., MALOD, J.A., BOILLOT, G., CAPDEVILA, R. y COUSIN, M. (1985): Observations geomorphologiques effectuées en plongées au nord-ouest de la Peninsule Ibérique. *Bull. Soc. Geol. France*, **8 (1-2)**: 153-159.
- VIDAL ROMANÍ, J.R. (1983): A orixe das Rías Galegas. Estado da cuestión (1886-1983). *Cuadernos da Área das Ciencias Mariñas, Seminario de Estudos Galegos*, **1**: 13-25.
- VIDAL ROMANI, J.R. y TWIDALE, C.R. (1998): Formas y paisajes graníticos. *Servicio de publicaciones Universidade da Coruña*: 411p.