

*Los episodios Heinrich en la costa de Galicia (NW de la Península Ibérica). Un análisis a través de los sedimentos continentales*

**Manuela Costa Casais**

Laboratorio de Arqueoloxía da Paisaxe (Lar)  
Instituto de Estudios Galegos Padre Sarmiento.  
IEGPS-CSIC-XuGa  
phnuec@usc.es

**Ramón Blanco Chao**

Departamento de Geografía  
Facultad de Geografía e Historia  
Universidad de Santiago de Compostela (USC)

**Antonio Martínez Cortizas**

Edafología y Química Agrícola  
Facultad de Biología, Campus Sur  
Universidad de Santiago de Compostela (USC)

**Augusto Pérez Alberti**

Departamento de Geografía  
Facultad de Geografía e Historia  
Universidad de Santiago de Compostela (USC)



# LOS EPISODIOS HEINRICH EN LA COSTA DE GALICIA (NW DE LA PENÍNSULA IBÉRICA). UN ANÁLISIS A TRAVÉS DE LOS SEDIMENTOS CONTINENTALES

Manuela Costa Casais  
Ramón Blanco Chao  
Antonio Martínez Cortizas  
Augusto Pérez Alberti

**RESUMEN:** La ubicación del depósito sedimentario de Caamaño en una paleoensenada, ha favorecido la acumulación de materia desde al menos el 36.000 BP hasta la actualidad. Su formación ligada a una pequeña área preferencial para la acumulación, ha permitido que se conserve un registro sedimentario continental muy detallado. Este depósito, hoy convertido en acantilado activo, es un archivo de alto valor paleoambiental. En él han quedado registrados procesos erosivo-acumulativos, representados por niveles coluviales, que se pueden correlacionar con los eventos Heinrich, ya identificados en otros testigos marinos recogidos en el Atlántico Norte.

**PALABRAS CLAVE:** Episodios Heinrich, archivos paleoambientales, facies periglaciares, facies coluviales.

**ABSTRACT:** The location of the sedimentary deposit in Caamaño, a small bay, has favoured the accumulation of material since at least 36.000 BC. Its formation, which is related to a small preferential area for accumulation, has allowed a detailed continental sedimentary record to be preserved. This deposit, today an active cliff, is a highly valuable palaeoenvironmental record that contains a number of erosive-cumulative processes, represented by colluvial layers, which can be correlated with a number of Heinrich events identified in marine sediment cores from the North Atlantic.

**KEY WORDS:** Heinrich events, palaeoenvironmental archives, periglacial facies, colluvial levels.

## 1. Introducción

Las investigaciones realizadas en registros paleoclimáticos de alta resolución reflejan que la historia del clima ha sido muy variable. Desde la década de los 80 del siglo pasado los científicos comenzaron a detectar oscilaciones milenarias en el aporte de

sedimentos marinos procedentes del Atlántico Norte, que fueron definidas como «zonas estériles». Esta calificación hacía referencia a la ausencia de foraminíferos planctónicos y coccolitofóridos en los sedimentos que se encontraban en esta región durante los intervalos cálidos, y a la presencia de acumulaciones terrestres tales

como fragmentos carbonatados, vidrios volcánicos y granos de cuarzo, en estos mismos materiales, aportados por la deriva de los icebergs (*Ice-Rafted Debris, IRD*) (Duplessy et al., 1981; Heinrich, 1988). Los investigadores que trabajaban sobre este tema los denominaron Eventos Heinrich (H), en honor al geólogo H. Heinrich, quien descubrió que había eventos que representaban horizontes sedimentarios de IRD, y que se repetían con una frecuencia de varios miles de años. Los geólogos marinos, también, descubrieron variaciones de corta duración en dos tipos de señales climáticas: a) fragmentos detríticos arenosos, y b) restos de foraminíferos polares (*N. pachyderma*). Los horizontes de IRD y los elevados porcentajes de foraminíferos polares indicaban aguas frías con la presencia de más icebergs (Heinrich, 1988; Bond & Lotti, 1995). Los IRD detectados por Heinrich (grandes eventos de *ice-rafting*) se sucedieron en tiempos en el que el clima estuvo enfriándose durante varios milenios, y cada uno de los episodios de IRD fue seguido por un retorno rápido a temperaturas cálidas.

Las oscilaciones milenarias, durante la última glaciación, que se sucedieron en la región de Groenlandia y el Atlántico Norte, no se vieron limitadas tan sólo a cambios en la temperatura del aire y de la circulación atmosférica sobre el casquete de hielo de Groenlandia. Las oscilaciones milenarias estuvieron relacionadas, con otras partes importantes del sistema climático, entre las que destacan: a) la temperatura del aire y de las aguas superficiales del Atlántico Norte, donde vivieron los foraminíferos planctónicos; b) los márgenes Atlánticos de los casquetes de hielo, los cuales aportaron los icebergs que transportaron los fragmentos detríticos arenosos (niveles de IRD) y c) la formación de aguas profundas del Atlántico Norte (NADW).

Las señales provocadas por estos cambios se preservaron en archivos naturales: glaciares, sedimentos lacustres, turberas, sedimentos antiguos de los márgenes continentales y testigos de los márgenes oceánicos. Los márgenes continentales han sido por tanto, lugares de deposición preferente de sedimentos procedentes de la erosión terrestre, y un buen ejemplo de ello, lo es la costa atlántica gallega (NW España), que está fosilizada por material sedimentario antiguo, mayoritariamente de origen continental, lo que lo convierte en archivos de un alto valor paleoambiental. Las dataciones radiocarbónicas obtenidas para algunos niveles orgánicos han corroborado que buena parte de ellos se han generado en el Pleistoceno final, mientras que el tipo de facies indica que se constituyeron bajo condiciones de tipo periglacial (Costa Casais, 1995; Trenhaile, et al. 1999; Costa Casais, 2001; Blanco Chao et al, 2002; Blanco Chao, et al, 2006).

Los objetivos que se pretenden obtener con este trabajo son: (1) documentar, relacionar y contextualizar las facies sedimentarias de origen coluvial con los procesos principales que las han generado, entendiendo por coluviales los niveles compuestos mayoritariamente por material grueso -tamaño gravas, cantos y bloques. y (2) relacionar los procesos coluviales con los eventos Heinrich (HE) con el fin de poder determinar y comparar la escala de impactos paleoclimáticos a nivel local, regional y extrarregional.

## 2. Localización y metodología

El depósito de Caamaño se localiza en la margen sur de la Ría de Muros-Noia, en una pequeña ensenada, en la costa Atlántica de la Península Ibérica (Fig. 1).

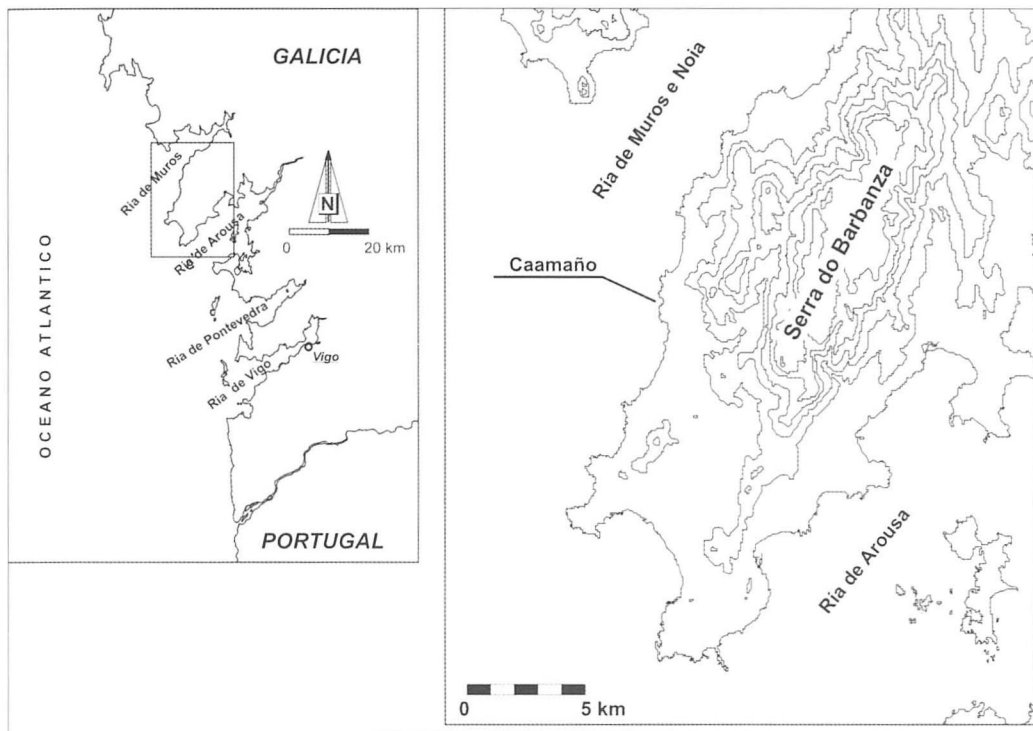


Figura 1. Localización del depósito de Caamaño en la Ría de Muros-Noia, costa Atlántica gallega.

Se trata de un sector de costa plano, de 3-4 km de anchura, situado al pie de la Sierra del Barbanza (650 m), (Fig. 2). En la línea de costa, se desarrolla una amplia plataforma litoral, que en la parte interna está fosilizada de forma discontinua por cantos, gravas y arenas gruesas, fuertemente cementados, y con una potencia variable que fluctúa entre los 20 y 50 cm. Este material sedimentario formaba parte de un nivel de playa antigua, que recubría en su totalidad la parte interna de la actual ensenada de «Furna de Laxe» (Trenhaile, *et al.*, 1999).

A fin de documentar, relacionar y contextualizar las facies sedimentarias más representativas del depósito de Caamaño se realizaron en campo, descriptivas secuenciales detalladas, de muro a techo, desde los

bordes de la ensenada hasta su parte interna. Se acometen también descriptivas de las distintas fases coluviales y se analizan su distribución en el depósito, tanto lateral como verticalmente. La información que se obtiene en esta primera fase de análisis sedimentológica, permite seleccionar el perfil tipo que se va a muestrear. Los criterios seguidos para ello han sido fundamentalmente dos: 1) que ejemplifique todas las facies sedimentarias representativas en el depósito, y 2) que alcance un desarrollo vertical importante.

Siguiendo estos parámetros se muestreó una secuencia en el centro de la ensenada de casi 8 m de potencia, con un total de 114 muestras, recogidas cada 5 cm, a excepción de los niveles muy pedregosos –coluviales–

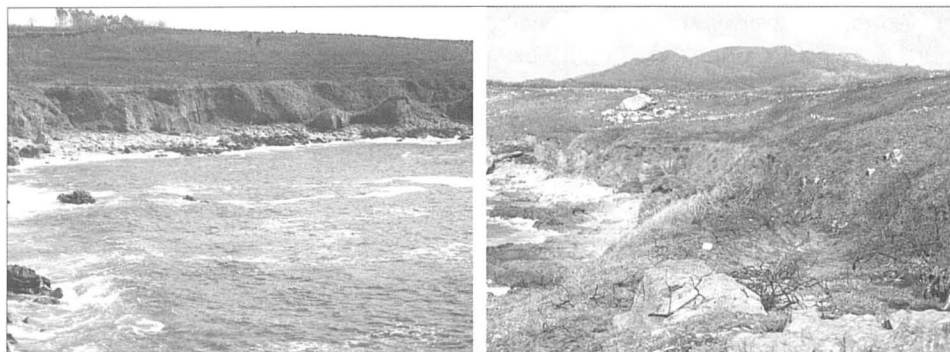


Figura 2. Localización del depósito de Caamaño en A Furna de Laxe, a los pies de la sierra del Barbanza.

donde no fue posible tomar muestras a intervalos tan pequeños. En cada una de ellas se efectuó un análisis textural, determinándose el porcentaje de material grueso ( $> 2$  mm) y fracción tierra fina ( $< 2$  mm). Sobre esta última se realizó el análisis granulométrico, separándose las fracciones arena, limo y arcilla; se determinó el pH; fósforo asimilable; bases y aluminio de intercambio y extracciones selectivas de Fe y Al. Sobre la fracción tierra fina molida, se determinó el contenido de carbono y nitrógeno orgánico totales y elementos traza (20 elementos analizados). Del conjunto de analíticas realizadas, sólo se utilizan para desarrollar los objetivos planteados en este

trabajo algunas de ellas, tales como: los datos granulométricos, el contenido total en C y N orgánico, y las concentraciones de Br y Fe totales. También se seleccionan diez muestras de niveles orgánicos, que fueron datadas por  $^{14}\text{C}$ , ocho, en el Centrum voor Isotopen Onderzoek (Groningen) y dos de ellas recientemente en Uppsala Universitet - The Ångström Laboratory (Sweden)-, obteniéndose edades comprendidas entre el 36.050 (+1.430, -1210 BP) en la base del nivel orgánico más profundo (a casi 8 m) y  $530 \pm 80$  BP a 150 cm de la superficie (Costa Casais *et al.*, 1994, 1996; Costa Casais, 1995; Threnhaile *et al.*, 1999) (Tabla I).

Tabla I. Dataciones referentes a los distintos niveles orgánicos del depósito de Caamaño.

CÓDIGO MUESTRA	PROFUNDIDAD (cm)	EDAD CONVENCIONAL BP	EDAD CALIBRADA ( $1\sigma$ )	EDAD CALIBRADA ( $2\sigma$ )	CÓDIGO LABORATORIO
CAA-20	95-100	$530 \pm 80$	505 - 563	439 - 669	GrN-22279
CAA-32	155-160	$2720 \pm 140$	2717 - 3064	2455 - 3216	GrN-22280
CAA-43	210-220	$3180 \pm 50$	3364 - 3448	3322 - 3486	Ua-33774
CAA-63	390-395	$14465 \pm 200$	17166 - 17604	16946 - 17796	Ua-33775
CAA-68	500-505	$20160 \pm 270$			GrN-20580
CAA-71	515-520	$28750 +1100 -900$			GrN-21593
CAA-90	610-615	$29400 + 2200-1700$			GrN-21592
CAA-99	655-660	$30120 +670 -620$			GrN-20507
CAA-110	740-745	$32340 +2400 -1800$			GrN-21591
CAA-112	750-755	$36050 + 1430 -1210$			GrN-20506

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Facies sedimentarias. La importancia de las facies periglaciares

Se trata de un depósito complejo, situado en la actual línea de costa, formado por facies marino-eólicas y continentales. La primera de ellas, localizada de forma discontinua sobre la plataforma litoral, y con una escasa potencia que no supera los 50 cm, constituye la base de la secuencia estratigráfica. Sobre ésta se suceden seis facies de origen continental, que muestran un mayor desarrollo vertical. Están compuestas por una alternancia de niveles de material fino, ricos en materia orgánica, con carbones y gravas intercaladas –angulosas, subangulosas y en algunos niveles redondeadas–, que son erosionadas y fosilizadas

por consecutivos niveles coluviales (Fig. 3). Estas facies coluviales son formadas en un ambiente general frío, en donde los procesos más importantes son los de tipo periglacial. Las condiciones climáticas generales producidas en un ambiente periglacial no se mantienen uniformes, lo que provoca cambios en la sedimentación, controlados por las variaciones en los aportes de humedad e intensidad del frío. Los procesos periglaciares desarrollados bajo un ambiente frío y seco son diferentes a los generados en ambiente menos frío y más húmedo. Estas variaciones, se plasman en los registros visibles, como son las características sedimentológicas que muestran los niveles coluviales, y en los registros invisibles, representados por algunas propiedades químicas que muestran los suelos.

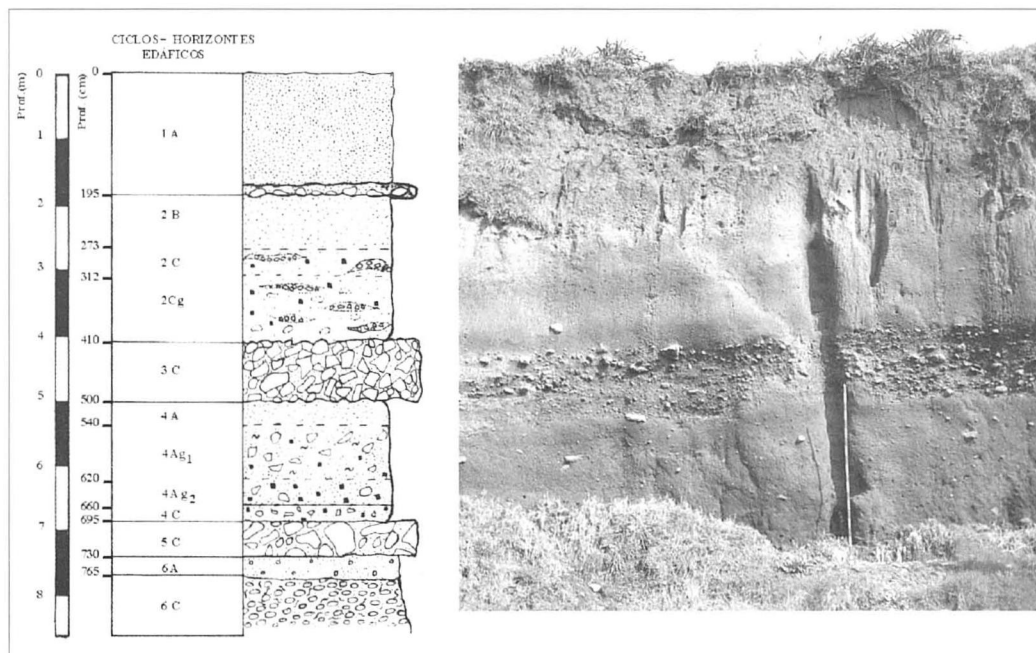


Figura 3. Esquema edáfico del depósito de Caamaño y del perfil central muestreado.

La dinámica periglacial, ha tenido un importante papel en la formación de los niveles coluviales. En cada uno de ellos, dependiendo de su ubicación en el perfil, tanto en sentido vertical como horizontal, se han definido diferentes facies «tipo» de origen periglacial, destacando: «head», coladas de piedra «debris flow» y bloques aradores «ploughing blocks».

«**Head**». Son formaciones de tipo geli-fluidal con bloques, cantos, gravas y arenas asociadas. Se caracteriza por la intercalación de material fino, rico en arena, con otro grueso y heterométrico, con potencias variables y con una sucesión granulométrica evidente, donde los aportes más finos presentan una estratificación más definida que los de material grueso. Es una acumulación continua, que muestra potencias más desarrolladas en los bordes (4-8m) que en la

parte central (1-2 m) del depósito. Van Vliet-Lanöe & Valadas (1983) indican que la acumulación de arenas refleja la existencia de hielo estacional profundo con permanencia de un grado de humedad importante, y la de material grueso, la de un permafrost desarrollado en un ambiente más frío y seco. Este tipo de formación es continua en los coluvios laterales de Caamaño, (Fig. 4).

**Bloques aradores «ploughing blocks».** Alcanzan estos bloques, en el eje mayor, hasta 1 m de longitud, y están orientados en el perfil siguiendo la máxima pendiente. Proceden de resaltes rocosos cercanos a la paleoensenada, y su ubicación actual se debe a que fueron transportados sobre un manto solifluidal, rico en finos y muy saturado, que los depositó muy cerca del lugar del que

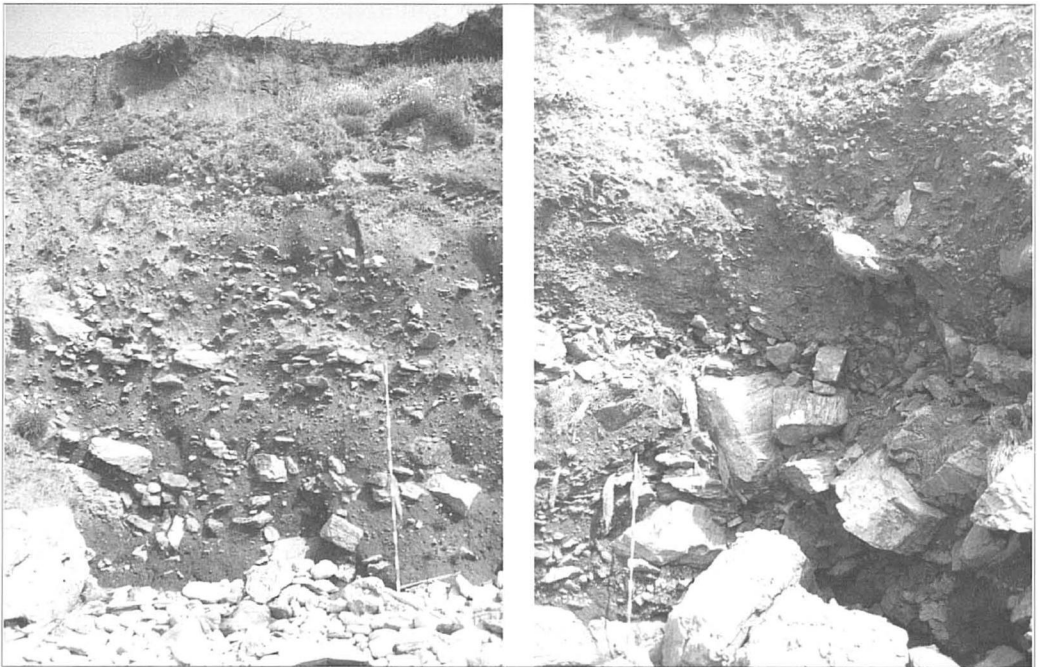


Figura 4. Los bloques, cantos, gravas y arenas asociadas forman los «head».



fueron desprendidos. Su génesis se asocia a la acción conjunta de procesos de crioreptación, gelifluxión y solifluxión (Serrano Cañadas & López Martínez, 1998; Blikra &

Selvik, 1998). Hay algún ejemplo en los bordes del perfil y en el nivel coluvial basal, desarrollados sobre material fino (Fig. 5).



Figura 5. Ejemplo de un bloque arador en el perfil, y de otro erosionado y ubicado sobre la actual playa.

**Colada de piedras (debris flow).** El término «debris flow» define un proceso geomorfológico de transporte, así como sus consecuencias en el relieve, siendo su peculiaridad que los sedimentos, al mezclarse con cierta cantidad de agua, adquieren capacidad de flujo (Blikra & Nemeč, 1998). Una corriente de agua al saturarse excesivamente de sedimento, puede convertirse en un *debris flow* o por el contrario, una masa sedimentaria, al asimilar la suficiente cantidad de agua, puede comenzar a fluir. En este sector se conservan formas fósiles incipientes en la margen norte de la ensenada. Los canales muestran un sección de hasta 50 cm, y la granulometría dominante es de gravas y cantos. Las primeras en el centro y las segundas en los bordes externos del canal. La dirección preferente del

material refleja un transporte y sedimentación con flujos de turbulencia, lo que provoca una mezcla heterogénea tanto en naturaleza como en granulometría del material. La orientación de los bloques tiene una dirección oblicua al flujo, característica de flujos viscosos, con un movimiento laminar o ligeramente turbulento (Blikra & Selvik, 1998). Esta forma, asociada al segundo nivel coluvial del depósito, responde a un proceso preciso y de dimensiones reducidas, que quizás se deba a zonas de ruptura de un permafrost esporádico o con fusiones rápidas lo que provocaría la saturación del material y la asistencia de su flujo, en relación a una litología o material favorable que facilite su movilización en masa (Fig. 6).

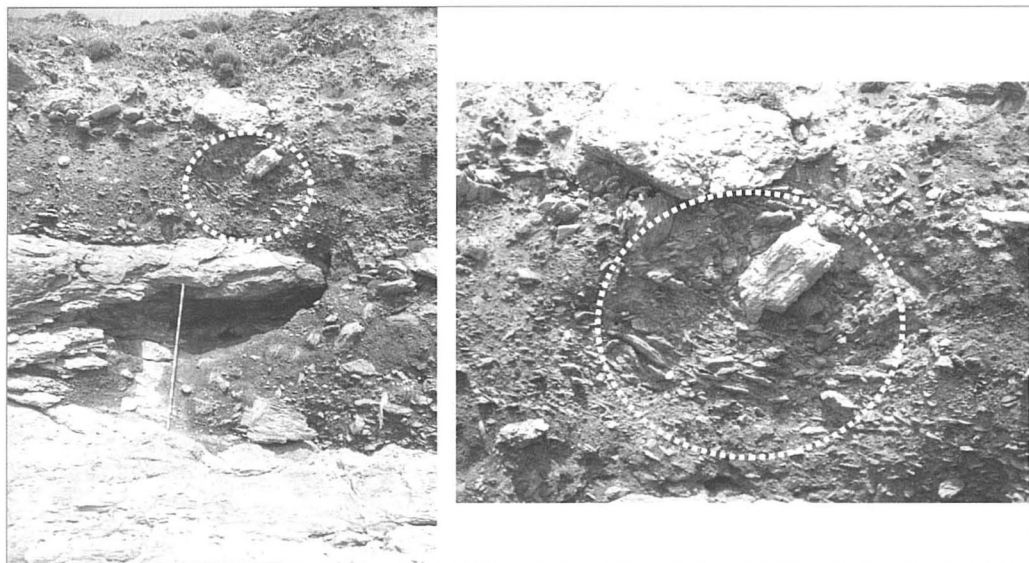


Figura 6. Formas incipientes de una colada de piedras en la margen norte de la ensenada.

### 3.2. Las propiedades físico-químicas

La textura del testigo analizado es franco arenosa para todos los niveles a excepción del inferior (6C), que se corresponde con el nivel de playa fósil, y los coluviales (5C y 3C). En todo el perfil dominan las arenas en la fracción tierra fina, y las gravas también son un componente minoritario, a excepción de los coluvios (Fig. 7). La materia orgánica muestra una distribución irregular con la profundidad, casi idéntica para el carbono y el nitrógeno. Los valores más elevados para ambos elementos se alcanzan en el ciclo superficial. En los horizontes A enterrados los porcentajes son inferiores, pero destacan como máximos relativos frente a los niveles coluviales que los fosilizaron (Fig. 7). El Br tiene un perfil similar al del C, disminuyendo drásticamente su concentración en los niveles coluviales, donde domina el material inorgánico (Fig. 8). Los valores máximos se alcanzan en los horizontes A de los ciclos orgánicos enterrados (4 y 6), y los

mínimos en la parte superior de los coluvios, y en el ciclo 2. Este halógeno tiene como fuente principal el océano, y si llega a los suelos es mediante deposición húmeda (precipitación), por lo que se puede utilizar como un marcador de flujo de humedad desde la atmósfera. Diversos estudios han demostrado recientemente que la incorporación de halógenos a los suelos es el resultado de la halogenación enzimática de la materia orgánica (Van Pée & Unversuch, 2003) durante su degradación (Myneni, 2002) y que su incorporación es proporcional a la deposición atmosférica (Johanson et al., 2003). Así, en algunas investigaciones llevadas a cabo en el NW ibérico, se ha empleado la acumulación de Br como marcador de los cambios en la precipitación (Fábregas et al., 2003). En los niveles coluviales del depósito de Caamaño hay bajas concentraciones de Br, lo que podría, por tanto, ser indicativo de que durante su formación la deposición atmosférica de este

elemento fue baja, quizás debido a un descenso de la precipitación total. Otros elementos minoritarios y traza como el Fe (Fig. 8), el Ti o el Mn (datos no mostrados), también tienden a disminuir en estos niveles frente a los paleosuelos. Ello se puede asociar con una mayor alteración química de los minerales en los periodos representados

por los paleosuelos -en condiciones de mayor disponibilidad de humedad (indicadas por las concentraciones mayores de Br) y temperaturas algo más altas-, que daría como resultado la acumulación de elementos inmóviles (Fe y Ti, por ejemplo) y la pérdida de otros más móviles (K, Na, Ca o Mg, por ejemplo).

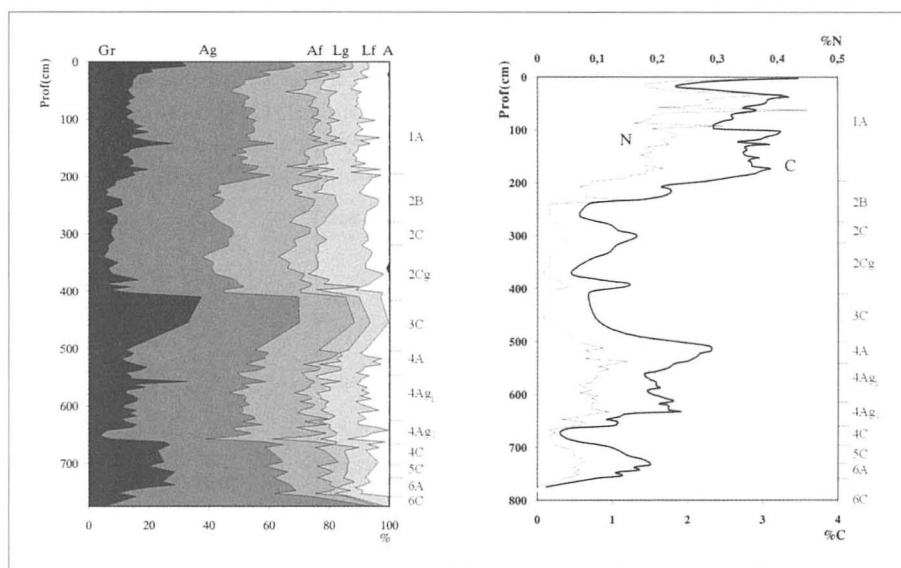


Figura 7. Características físico-químicas del depósito: composición granulométrica (Gr: gravas (>2 mm); Ag: arenas gruesas (2 mm-0.2 mm); Af: arenas finas (0.2 mm-0.05 mm); Lg: limos gruesos (0.05 mm-0.02 mm); Lf: limos finos (0.02 mm-0.002 mm); A: arcillas (<0.0063) y contenido en C y N totales.

#### 4. Discusión y conclusiones

Las dataciones radiocarbónicas obtenidas en los niveles orgánicos contextualizan cronológicamente los datos aportados por el análisis morfosedimentario y físico-químico. El paleosuelo inferior (6) (Fig. 3 y Fig. 9) tiene una edad en la base de 36.050 (+1.430, -1.210) años BP y a techo de 32.340

(+2.400, -1.800) años BP. Este suelo es fosilizado por un primer nivel coluvial (5) cuya edad está comprendida entre esta última fecha y la de la base del segundo paleosuelo (4) que es de 30.120 (+670, -620) años BP. La edad de este primer coluvio sería de unos 31.000 años BP, y por tanto correlacionable con el evento Heinrich H3. El segundo paleosuelo tiene a techo una

edad de 20.160 ( $\pm 270$ ) años BP, lo que retrasa la formación del segundo nivel coluvial, a una fecha posterior, identificable en el centro del depósito con el evento H1 (18.000 BP). En este depósito no se identifica, como facies coluvial de material

grueso, el evento H2 (23.000-26.000 BP). Quizás sólo haya quedado registrado por la línea de gravas y piedras que surcan a techo el paleosuelo (4A), con dataciones entre el 28.750 (+1.100, -900) - 20.160 ( $\pm 270$ ) años BP.

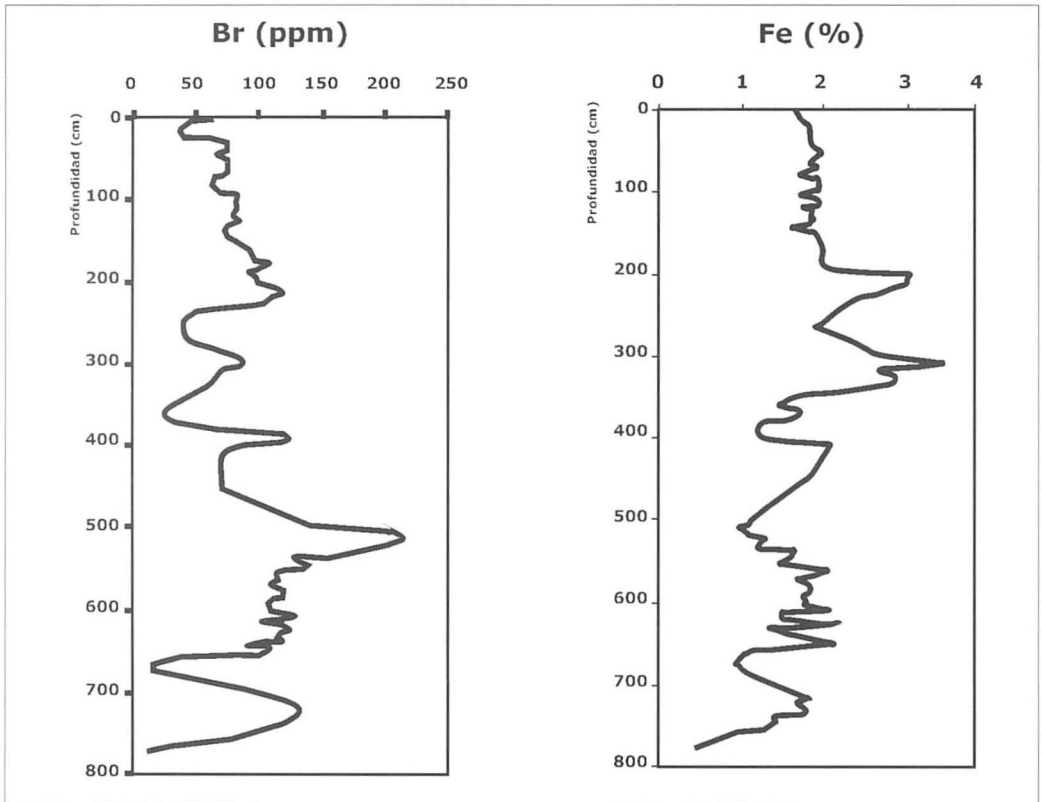


Figura 8. Propiedades químicas: concentraciones de Br y Fe.

Contextualizar estos niveles, por su facies y edad, ha permitido identificarlos y delimitarlos, así como relacionarlos con procesos de erosión-sedimentación que se asocian con cambios bruscos y repetitivos que se sucedieron en la sedimentación y por tanto en la configuración final de la

acumulación. La ubicación del depósito, en una pequeña ensenada, y orientado hacia el océano, facilitarían la llegada de la influencia marina, que actuaría como un regulador climático, donde las diferencias entre facies sedimentarias estarían controladas por la variabilidad en el aporte de humedad. Las

márgenes continentales, que mostraban lugares preferentes para la acumulación, como sucedía en el sector de Caamaño, se convirtieron en espacios altamente sensibles a los cambios climáticos. En los sedimentos del depósito de Caamaño quedaron registrados las pulsaciones de enfriamiento producidas por los eventos *Heinrich*, oscilaciones milenarias de enfriamiento brusco, que se repiten con cierta ciclicidad, y que cada una de ellas se caracteriza por un retorno rápido a temperaturas más cálidas, que a nivel sedimentario se traducen en la formación de suelos coluviales ricos en materia orgánica, compuestos preferentemente por material fino, con abundante

arena. Estos eventos quedan registrados en el depósito tanto en forma de señales visibles, como son los acusados cambios granulométricos, como en señales no visibles, representadas por las variaciones verticales que experimentan algunos halógenos, como por ejemplo el Br -que reflejaría una disminución acusada de la humedad.

En general, la respuesta sedimentaria en el continente a los momentos estadales y a los episodios más fríos de un ciclo de enfriamiento a gran escala, tiene su máxima expresión en las formaciones coluviales de material grueso. Estos depósitos serían el mejor ejemplo de archivos paleoambientales de origen continental, al menos los que

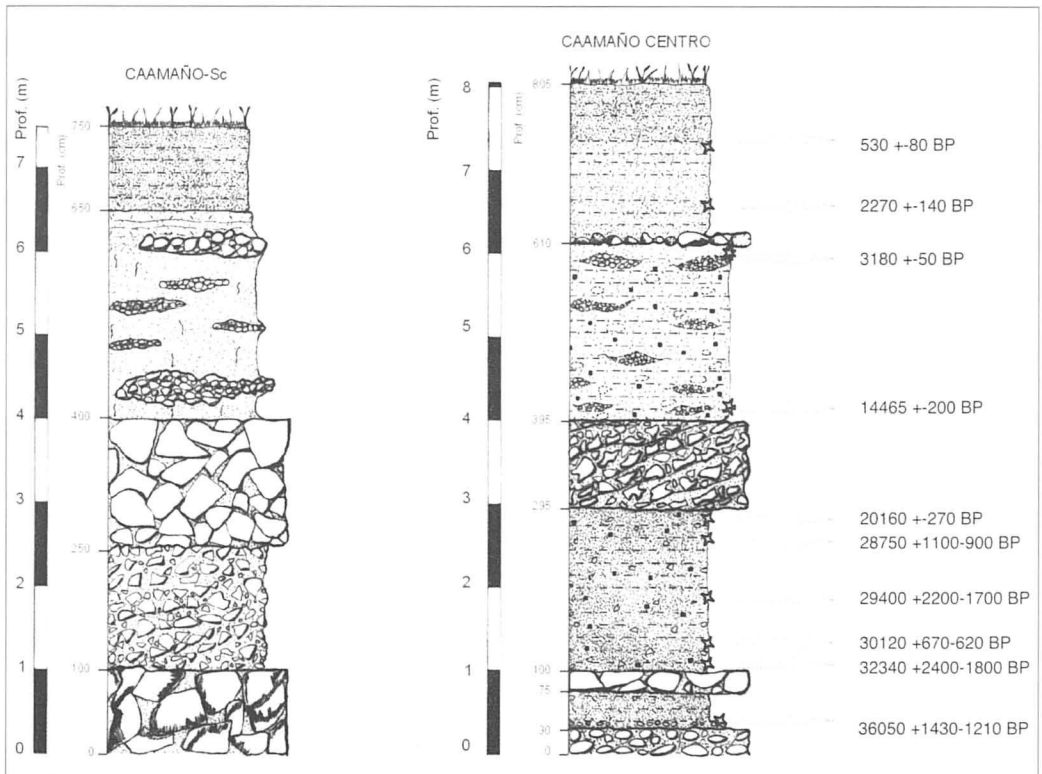


Figura 9. Esquema sedimentológico y dataciones referentes a los niveles orgánicos del depósito de Caamaño.

muestran una mayor diversidad de facies y, por tanto, de momentos de cambio en el Pleistoceno Final, así como de señales geoquímicas que se pueden llegar a traducir en cambios climáticos locales y regionales. La comparación de los testigos terrestres con otros localizados en los márgenes oceánicos, cercanos a la costa de Galicia - Margen Ibérico (Thouveny et al., 2000; Zaragosi et al., 2001; de Abreu *et al.*, 2003)- permite obtener una interpretación más precisa de las implicaciones de los cambios climáticos en el continente y los océanos, así como valorar el movimiento de flujos de materiales continente-oceano.

## Bibliografía

- BLANCO CHAO, R., COSTA CASAIS, M., MARTÍNEZ CORTIZAS, A., PÉREZ ALBERTI, A. y VÁZQUEZ PAZ, M. (2002): Holocene evolution on Galician coast (NW Spain): an example of paraglacial dynamics. *Quaternary International*, nº 93-94, págs. 149-159.
- BLANCO CHAO, R., PÉREZ ALBERTI, A., COSTA CASAIS, M. y VÁLCARCEL DÍAZ, M. (2006) Abrasion processes in coarser-clastic beaches linked to rocky shore platforms. *Journal of Coastal Research*, nº 48, págs. 21-18.
- BLIKRA, L. H. y SELVIK S. F. (1998): Climatic signals recorded in snow avalanche-dominated colluvium in western Norway: depositional facies successions and pollen records. *The Holocene*, nº 86, págs. 631-658.
- BLIKRA, L. H. y NEMEC, W. (1998): Climatic signals recorded in snow avalanche-dominated colluvium in western Norway: depositional facies successions and pollen records. *The Holoce* nº 8.6, págs. 631-658.
- BOND, G. C. y LOTTI, R. (1995): Iceberg discharges into the North Atlantic on millennial time scales during the last glaciation. *Science* nº 267, págs. 1005-1010.
- COSTA CASAIS, M., MARTÍNEZ CORTIZAS, A. y PÉREZ ALBERTI, A. (1994): Caracterización de un depósito costero de la Ría de Muros-Noia (La Coruña, Galicia). En J. M. ARNÁEZ-VADILLO, J.M. GARCÍA RUIZ y A. GÓMEZ VILLAR (Eds.) *Geomorfología en España. Tomo II*. S.E.G. Logroño, págs. 355-367.
- COSTA CASAIS M., MARTÍNEZ CORTIZAS, A. y PÉREZ ALBERTI, A. (1996): «Tipos de depósitos costeiros antiguos entre o Cabo de Fisterra e Corrubedo». En A. PÉREZ ALBERTI, P. MARTINI, W. CHESWORTH y A. MARTÍNEZ CORITIZAS (Eds.): *Dinámica y evolución de medios Cuaternarios*. Xunta de Galicia. Santiago, págs. 417-430.
- COSTA CASAIS, M. (1995): *Formas e procesos costeiros nun sector da costa Occidental Galega (Fisterra-Corrubedo). Depósitos costeiros e evolución xeomorfolóxica*. Memoria de Licenciatura. Facultade de Xeografía e Historia. Universidade de Santiago de Compostela, págs. 180.
- COSTA CASAIS, M. (2001): *Análise sedimentaria e reconstrucción paleoambiental da costa Atlántica de Galicia*. Tesis doctoral. Facultade de Xeografía e Historia. Universidade de Santiago de Compostela, págs. 236.
- DE ABREU, L., SHAKLETON, N. J., SCHÖNFELD, J., HALL M. y CHAPMAN M. (2003): Millennial-scale oceanic climate variability off the Westernn Iberian margin during the last two glacial periods. *Marine Geology*, nº 196, págs. 1-20
- DUPLESSY, J. C., DELIBRIAS, G., TURON, J. L., PUJOL, C. y DUPRAT, J. (1981): Deglacial warming of the northeastern Atlantic Ocean: correlation with the paleoclimatic evolution of the European continent. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol*, nº 35, págs. 121-144

FABREGAS VALCARCE, R., MARTINEZ CORTIZAS, A., BLANCO CHAO, R. y CHESWORTH, W. (2003): Environmental change and social dynamics in the second-third millenium BC in NW Iberia. *J. Archaeol. Sci.*, nº 30, págs. 859-871.

HEINRICH, H. (1988): Origin and consequences of cyclic ice rafting in the northeast Atlantic Ocean during the past 130000 years. *Quat. Res.*, nº 29, págs. 142-152.

JOHANSON, E., SANDEN, P. y ÖBERG, G. (2003): Organic chlorine in deciduous and coniferous forest soils in Southern Sweden. *Soil Science*, nº 168, págs. 347-355.

MYNENI, S.C. (2002): Formation of stable chlorinated hydrocarbons in weathring planta material. *Science*, nº 295, págs. 1039-1041.

SERRANO CAÑADAS, E y LÓPEZ MARTÍNEZ, J. (1998): «Caracterización y distribución de las formas y procesos periglaciares en las islas Shetland del Sur (Antártida)». En Gómez Ortiz, A., Salvador Franch, F., Shulte, L. y García Navarro, A. (Eds.): *Procesos biofísicos actuales en medios fríos*. Publicaciones de la Universidad de Barcelona. Barcelona, págs. 181-204.

THOUVENY N., MORENO, E., DELANGHE D., CANDON L.,

LANCELOT, Y. y SHAKLETON, N. Y. (2000): Rock magnetic detection of distal ice-rafted debries: clue for the identification of Heinrich layers on the Portuguese margin. *Earth and Planetary Science Letters*, nº 180, págs. 61-75.

TRENHAILE, A.S., PÉREZ ALBERTI, A., MARTÍNEZ CORTIZAS, A., COSTA CASAS, M. y R. BLANCO CHAO (1999): Rock coast inheritance: an example from Galicia, northwestern Spain. *Earth Surf. Processes. Landforms*, nº 24, págs. 605-621.

VAN VLIET-LANÖE, B. y VALADAS, B. (1983): A propos des formations déplacées des versants cristallins des massifs anciens: Le rôle de la glace de ségregation dans la dynamique. *Bulletin de L'Association française por l'étude du Quaternaire*, nº 4, págs. 153-160.

VAN PEE, K. H. y UNVERSUCH, S. (2003): Biological dehalogenation and halogenation reactions. *Chemosphere*, nº 52, págs. 299-312.

ZARAGOSI, S., EYNAUD, F., PUJOL, C., AUFFRET, G. A., TURON, J. L. y GARLAN, T. (2001): Initiation of European deglaciation as recorded in the northwestern Bay of Biscay slope environments (Meriadzek Terrace and Trevelyan Escarpment): a multi proxy approach. *Earth Planet. Sci. Lett.*, nº 188, págs. 493-507.