

# Influencia de los ciclos de precesión de Milankovitch en los depósitos turbidíticos eocenos de Gorrondatxe

## *Influence of precessional Milankovitch cycles on Eocene turbiditic deposits in Gorrondatxe*

Naroa Martínez-Braceras y Aitor Payros

Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Ap. 644, E48080 Bilbao.  
nmartinez037@ikasle.ehu.es, a.payros@ehu.es

### ABSTRACT

The stratigraphic and sedimentological study carried out at the Gorrondatxe section (Getxo, Biscay) has shown that periodic climate-change episodes related with precession of equinoxes (Milankovitch cycles of 21 kiloyears) can be recorded in turbiditic deep marine deposits. Alternating pelagic limestones and marls occur in Gorrondatxe. This alternation was driven by precessional Milankovitch cycles. The amount and thickness of turbidites is higher in the pelagic marly intervals and lower in the limy intervals. This correlation suggests that the turbidite-rich marly intervals were related to more humid climatic stages, during which terrestrial sediment supply to the sea increased.

**Key-words:** Eocene, Basque-Cantabrian basin, turbidite, Milankovitch, climate.

### RESUMEN

El estudio estratigráfico y sedimentológico realizado en la sección de Gorrondatxe (Getxo, Bizkaia), ha demostrado que los cambios climáticos relacionados con los ciclos de precesión de los equinoccios (ciclos de Milankovitch de 21 miloños de duración) pueden estar representados en depósitos marinos profundos de naturaleza turbidítica. En Gorrondatxe se reconoce una alternancia de calizas y margas pelágicas, cuya formación se relaciona con los ciclos de precesión. La cantidad y grosor de los niveles turbidíticos es mayor en los tramos pelágicos de composición margosa y menor en los tramos calizos. Esta correlación sugiere que los tramos margosos ricos en turbiditas están relacionados con etapas climáticas más húmedas, durante las cuales aumentaba el aporte sedimentario detrítico de origen continental.

**Palabras clave:** Eoceno, Cuenca Vasco-Cantábrica, turbidita, Milankovitch, clima.

Geogaceta, 55 (2014), 19-22.  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 17 de junio de 2013  
Fecha de revisión: 22 de octubre de 2013  
Fecha de aceptación: 29 de noviembre de 2013

## Introducción

Las turbiditas constituyen una facies sedimentaria gravitacional marina profunda, compuesta por materiales detríticos (Bouma, 1962). En los casos en los que el aporte sedimentario es continental, las características de los depósitos dependerán de los diferentes medios de transporte involucrados. La capacidad de algunos de estos agentes de transporte se puede ver condicionada, a su vez, por cambios climáticos, los cuales responden frecuentemente a cambios en los parámetros orbitales terrestres, de tal modo que se alternan etapas húmedas (donde la energía de transporte subacuático y, por tanto, la tasa de aporte detrítico continental son mayores) y etapas más secas (donde el aporte detrítico continental es menor) (Weltje y De Boer, 1993).

En la sección estudiada en la playa de Gorrondatxe (Getxo, Bizkaia), se ha intentado hacer una correlación entre una sucesión de fondo marino del Eoceno en la que se intercalan periódicamente turbiditas, con los ciclos de precesión de los equinoccios de Milankovitch (1941).

## Contexto geológico

La playa de Gorrondatxe se sitúa unos 15 Km al NO de Bilbao (43°23'N, 3°01'W) (Fig. 1). El afloramiento estudiado se encuentra en el lado izquierdo del camino de bajada a la playa, en una zona con escaso recubrimiento vegetal (Fig. 2).

La sucesión estudiada abarca los metros 113-134 de la columna estratigráfica presentada por Payros *et al.* (2009), dentro de la Biozona *T. frontosa* y en el Cron de pola-

ridad inversa C21r. En esta sección de finales del Eoceno inferior, las turbiditas se intercalan en una sucesión pelágica depositada a unos 1500 m de profundidad en una latitud de 35°N (Payros *et al.*, 2006). Se han diferenciado tramos donde predominan los materiales pelágicos margosos y otros donde predominan los calizos, que se emparejan formando ciclos repetitivos. En un estudio anterior (Payros *et al.*, 2009) se pudo verificar que cada ciclo tiene una duración temporal de unos 21 Ka (Ka: miloños=1000 años), coincidiendo con la duración de los ciclos de precesión de los equinoccios de Milankovitch (Berger *et al.*, 1992).

La mayoría de las turbiditas intercaladas son finas (1-5 cm) y, dentro de éstas, se diferencia el lecho basal arenoso afectado por tracción y encima la arcilla turbidítica acu-

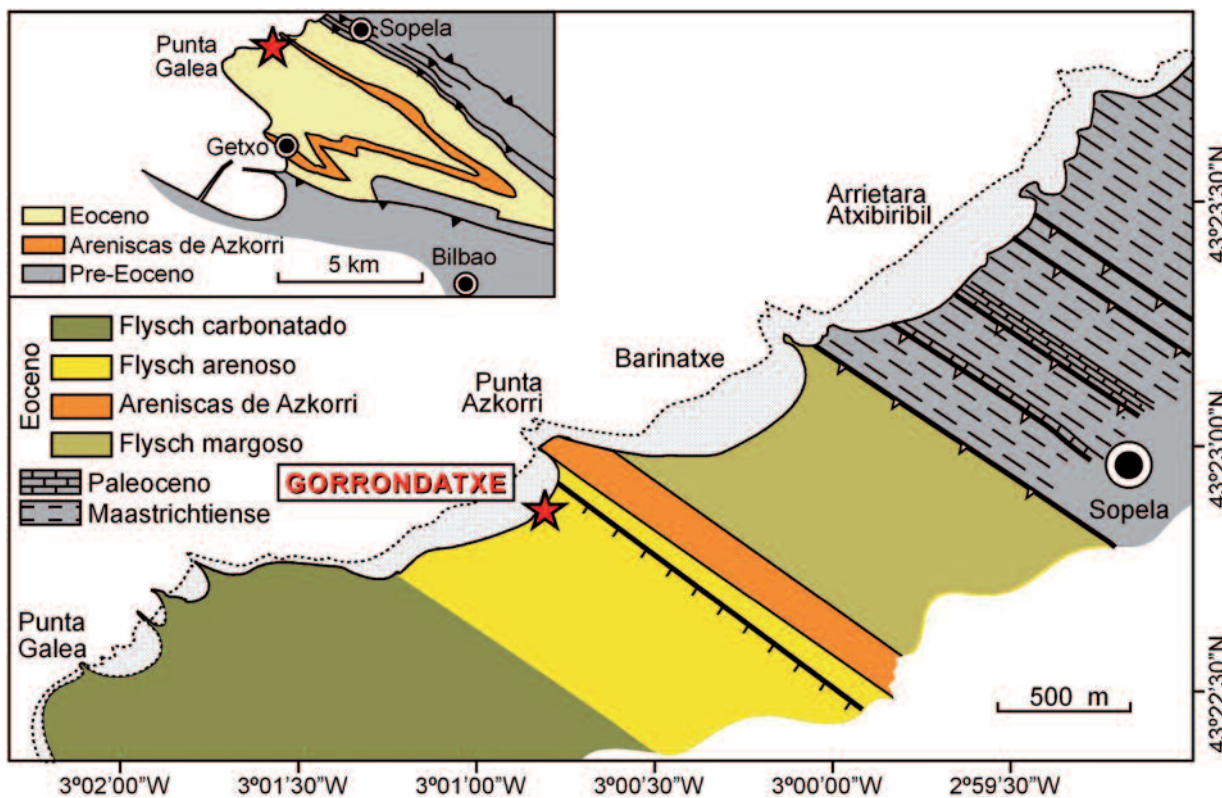


Fig. 1.- Situación de la sección de Gorrondatxe en un mapa geológico de la zona.

Fig. 1.- Location of the Gorrondatxe section on a geological map of the area.

mulada por decantación (división Te de la secuencia de Bouma, 1962) (Payros *et al.*, 2009).

y se compararon las turbiditas de mayor espesor de cada tramo. Teniendo el espesor total de cada tramo pelágico y el de las tur-

biditas intercaladas, se calcularon los porcentajes de los sedimentos pelágicos y turbidíticos. Por último, se han hecho análisis

**Materiales y métodos**

Para el estudio detallado de la sucesión, se levantó una columna a escala centimétrica de 21 m de potencia. Después, se delimitaron los tramos más calizos y los más margosos, utilizando criterios de coloración y relieve, siendo los tramos más claros y más sobresalientes los intervalos calizos y los más oscuros y deprimidos los margosos (Fig. 2). La sección que se estudia en este trabajo está formada por 11 parejas caliza-marga (ciclos Pc7 a Pc17 de Payros *et al.*, 2009; Fig. 3).

Una vez diferenciados los tramos que componen los ciclos pelágicos, se consideraron las características turbidíticas a medir, seleccionando aquellas que, potencialmente, puedan aportar mayor información sobre los cambios climáticos que pudieran haber afectado a las corrientes turbidíticas. Así, se ha contado la cantidad de turbiditas en cada uno de los tramos pelágicos. También por tramos pelágicos, se midieron el grosor arenoso y arcilloso de cada turbidita,



Fig. 2.- Vista general del afloramiento estudiado en Gorrondatxe. Se aprecian los cambios de relieve y color relacionados con los ciclos de precesión caliza-marga.

Fig. 2.- View of the outcrop studied in Gorrondatxe. Weather-resistant light intervals and recessive dark intervals correspond to the limy and marly parts of precession cycles.

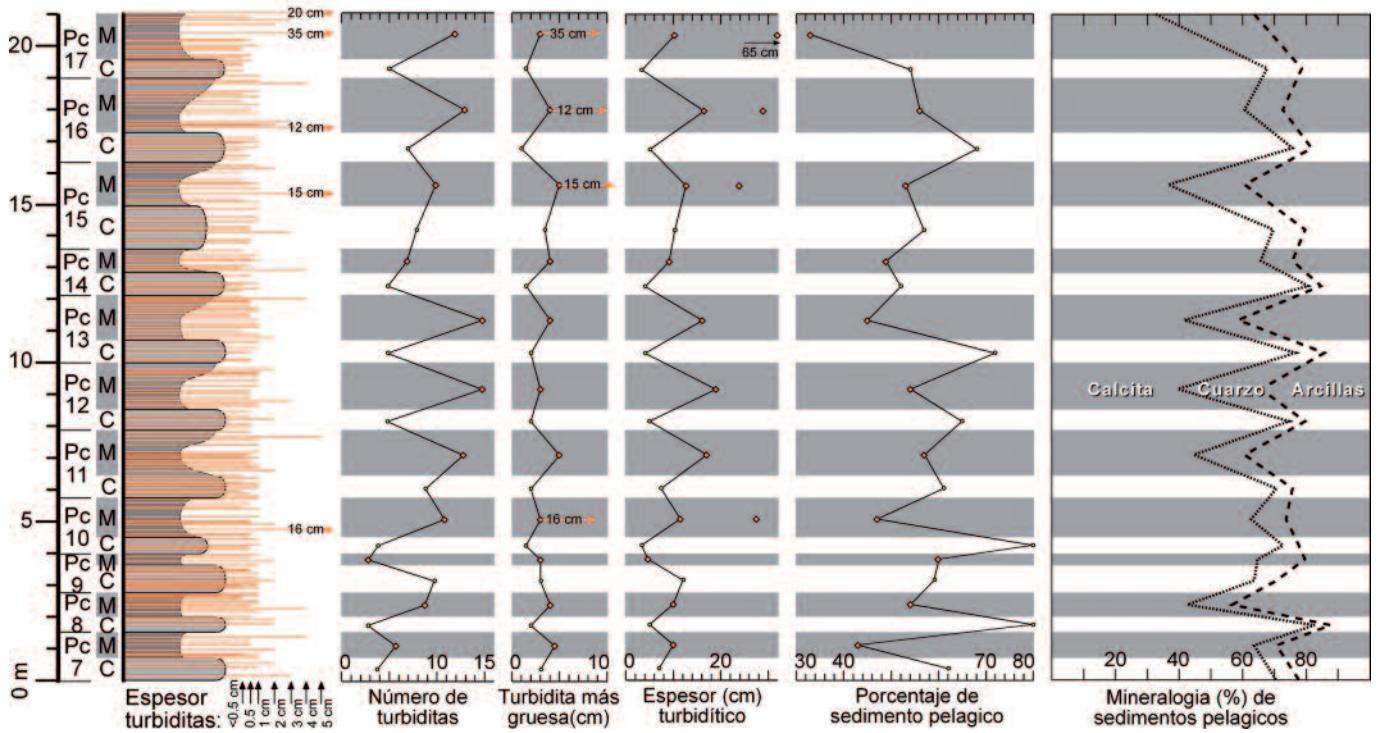


Fig. 3.- Columna esquemática de la sección estudiada. La sucesión se organiza en una alternancia de tramos pelágicos calizos (C) y margosos (M), los cuales representan ciclos de Milankovitch de precesión de los equinoccios (Pc, numerados de acuerdo a Payros *et al.*, 2009). Se indican las turbiditas intercaladas y su grosor. Los gráficos de la derecha muestran diferentes características sedimentarias que también alternan cíclicamente.

Fig. 3.- Simplified log of the studied section. The succession is organized in alternating pelagic limestones (C) and marls (M), which represent precessional Milankovitch cycles (Pc, numbered according to Payros *et al.*, 2009). Interbedded turbidites and their thicknesses are also shown. Graphs on the right show several sedimentary features that alternate cyclically.

de mineralogía general de los depósitos pelágicos de cada tramo estratigráfico mediante difracción de rayos X (DRX).

**Resultados**

En la sucesión estudiada se han contabilizado 179 turbiditas. Una vez delimitados los tramos pelágicos calizos y los margosos, se ha podido comprobar que la cantidad de turbiditas muestra una distribución alternante (Fig. 3), con valores máximos en los intervalos margosos (3-15 turbiditas; media: 10) y mínimos en los intervalos más calizos (3-10 turbiditas; media: 6), con excepción de las parejas Pc9 y Pc15, donde no hay una gran diferencia en el número de turbiditas de los tramos calizos y margosos. El espesor conjunto de la parte arenosa tractiva de todas las turbiditas de cada tramo muestra también valores máximos en los tramos margosos (4,5-65 cm; media: 23 cm) y mínimos en los calizos (3,5-20 cm; media: 6 cm), exceptuando nuevamente los ciclos Pc9 y Pc15 (Fig. 3). El espesor de la parte arenosa de la turbidita más gruesa de cada tramo muestra una distribución cíclica

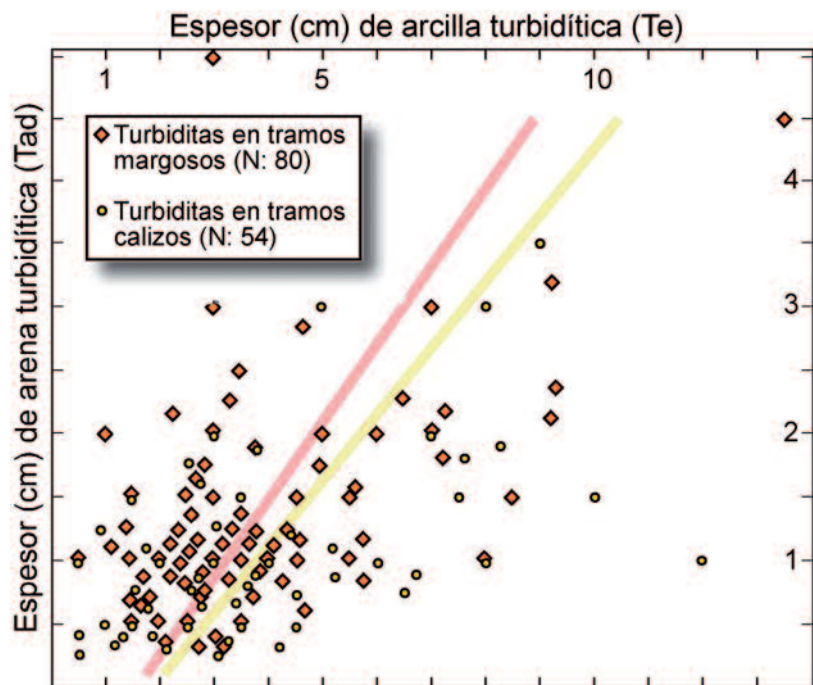


Fig. 4.- Comparación del espesor de la arena turbidítica y de la arcilla turbidítica en los tramos pelágicos margosos y calizos. Estadísticamente, las turbiditas de tramos pelágicos margosos tienen más arena y menos arcilla que las turbiditas de tramos pelágicos calizos.

Fig. 4.- Comparison of the turbiditic sand and clay thicknesses in the pelagic marly and limy intervals. Statistically, the turbidites in the pelagic marly intervals contain more sand and less clay than those in the pelagic limy intervals.

a lo largo de toda la sucesión, coincidiendo los valores máximos con los tramos margosos (3-35 cm; media: 9,6 cm) y los mínimos con los tramos calizos (1-3 cm; media: 1,9 cm) (Fig. 3). Destacan cuatro tramos margosos (Pc10, Pc15, Pc16 y Pc17), en los que la turbidita más gruesa presenta un grosor muy superior a lo normal en la serie.

Se ha analizado la relación entre el espesor de la parte arenosa tractiva de las turbiditas (divisiones Tabcd de la secuencia de Bouma, 1962) y el de su parte arcillosa (Te) acumulada por decantación. La variabilidad es grande y, por tanto, no se ha podido realizar un análisis comparativo por tramos calizos y margosos. Sin embargo, el análisis estadístico de los datos muestra que en los tramos calizos la parte diluida Te de las turbiditas tiene mayor espesor con respecto a la parte no diluida (Tabcd) que en los tramos margosos (Fig. 4).

Finalmente, con respecto a los materiales pelágicos se ha comprobado que su porcentaje por tramos también cambia cíclicamente, mostrando máximos en los tramos calizos (52-80%; media: 65%) y mínimos en los margosos (33-60%; media: 50%) (Fig. 3). Además, los datos de mineralogía general muestran cambios cíclicos en su composición, siendo las concentraciones de CaCO<sub>3</sub> mayores en los intervalos calizos (64-86%; media: 74%) y menores en los margosos (33-66%; media: 51%). Las concentraciones de cuarzo y minerales de la arcilla muestran una tendencia contraria (Fig. 3).

## Discusión y conclusiones

Entre los metros 113 y 134 de la sección de la playa de Gorrondatxe (Payros *et al.*, 2009) se reconocen 11 ciclos sedimentarios, cada uno de ellos compuesto por un tramo donde predominan los materiales pelágicos calizos y otro donde predominan los materiales margosos. Los límites de los tramos se han definido utilizando criterios de relieve y coloración. En el trabajo de Payros *et al.* (2009) se relacionaron las parejas calizomarga con los ciclos de precesión de los

equinoccios de 19-24 Ka de duración (Milankovitch, 1941; Berger *et al.*, 1992). En efecto, gracias a la biomagnetocronología que se desarrolló para la sección de Gorrondatxe (Payros *et al.*, 2009), se pudo determinar que cada una de las parejas calizomarga tiene una duración media de 21 Ka.

Los datos de mineralogía general de los depósitos pelágicos de Gorrondatxe muestran que los tramos calizos contienen un alto porcentaje de calcita, cuyo origen se relaciona mayoritariamente con microfósiles calcáreos de naturaleza planctónica (foraminíferos y nannoplancton). Por su parte, en los tramos margosos la cantidad de cuarzo y minerales de la arcilla depositados junto a los materiales pelágicos calcáreos es más alta, lo que indica un mayor aporte continental en estas etapas. Todo ello permite suponer que los tramos margosos pudieron estar relacionados con etapas climáticas más húmedas, donde el aporte siliciclástico continental que se mezclaba con el sedimento pelágico era mayor.

El análisis estratigráfico y sedimentológico de los niveles turbidíticos intercalados en la serie de Gorrondatxe ha demostrado que en los tramos pelágicos margosos, caracterizados por un mayor aporte sedimentario de origen continental, las corrientes turbidíticas eran más frecuentes que en los tramos calizos puramente pelágicos. Además, la relación entre el grosor de la parte arenosa y el de la parte arcillosa de las turbiditas muestra que en los tramos margosos se daban corrientes más energéticas que permitían una acumulación comparativamente menor de la parte diluida de las turbiditas. Estas consideraciones se ven confirmadas por el espesor máximo de la turbidita más gruesa de cada tramo, que también es mayor en los tramos margosos que en los intervalos calizos, lo que se relaciona nuevamente con unas corrientes más energéticas y con una mayor capacidad de transporte. Dados el mayor número y el mayor espesor de turbiditas en los tramos margosos, la potencia total de las turbiditas de los tramos margosos también suele ser mayor que la de los tramos calizos.

Todo ello sugiere que la formación de las turbiditas acumuladas en Gorrondatxe pudo estar relacionada con aportes sedimentarios de origen continental directo. Los cambios climáticos inducidos por los ciclos de precesión de los equinoccios produjeron variaciones periódicas en las tasas de aporte sedimentario continental, las cuales dieron lugar a las ciclicidades observadas en las características de las turbiditas. Por lo tanto, gracias a este trabajo se puede concluir que los cambios climáticos originados por estos ciclos orbitales también influyen sobre las corrientes turbidíticas que llegan al fondo marino.

## Agradecimientos

Investigación financiada por los proyectos GIC07/122-IT-215-07 (Gobierno Vasco) y CGL-2011-23770 (Ministerio de Economía y Competitividad). Se agradece a Javier Sangüesa la realización e interpretación de los análisis mineralógicos por difracción de rayos X (SGIker, UPV/EHU). Los comentarios de Arsenio Muñoz y un revisor anónimo han contribuido a mejorar el manuscrito original.

## Referencias

- Berger, A., Loutre, M.F. y Laskar, J. (1992). *Science* 255, 560-566.
- Bouma, A.H. (1962). *Sedimentology of some fly-sch deposits*. Elsevier, Amsterdam, 168 p.
- Milankovitch, M. (1941). *Kanon der Erdbe-strahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem*. Royal Serbian Academy, Section of Mathematical and Natural Sciences, 633 p. (publicado en inglés en 1998: *Canon of insolation and the ice-age problem*. Serbian Academy of Sciences and Arts, Section of Mathematical and Natural Sciences, 634 p.).
- Payros, A., Orue-Etxebarria, X. y Pujalte, V. (2006). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 234, 258-276.
- Payros, A., Orue-Etxebarria, X., Bernaola, G., Ape-llaniz, E., Dinarès-Turell, J., Tosquella, J. y Caballero, F. (2009). *Lethaia* 42, 255-264.
- Weltje, G.J. y De Boer, P.L. (1993). *Geology* 21, 307-310.