

**Institut de Ciències del
Mar de Barcelona (CSIC)**



**Universitat Politècnica
de Catalunya**



**Universitat de
Barcelona**



Sedimentary Dynamics in the Palamós Submarine Canyon

Dinàmica Sedimentaria del Cañón Submarino de Palamós

Memoria presentada por

Jacobo Martín Nascimento

**para la obtención del grado de Doctor en Ciencias del Mar por la
Universidad Politècnica de Catalunya**

Dirigida por

Dr. Albert Palanques Monteys

y

Dr. Pere Puig Alenyà

**del Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona
(Consejo Superior de Investigaciones Científicas)**

Barcelona, Octubre 2005

Presentación

Esta tesis doctoral se ha realizado en el marco del proyecto CANYONS: “Estudio multidisciplinar de la dinámica de un cañón submarino y su repercusión sobre la ecología del margen continental del Mediterráneo Noroccidental”, financiado por la CICYT (MAR1999-1060-C03-01/02/03).

Este proyecto fue diseñado para mejorar los conocimientos existentes sobre los procesos hidrodinámicos, biogeoquímicos, ecológicos y sedimentológicos que tienen lugar en cañones submarinos. El Cañón de Palamós fue escogido como zona de estudio por ser uno de los más profundamente incididos y de mayor pendiente del Mediterráneo Noroccidental.

Dentro del espectro de estudios multidisciplinarios que compusieron el proyecto, esta tesis se ha centrado en el estudio de los flujos de materia particulada (orgánica e inorgánica) asociados a la dinámica del cañón, así como su acumulación en los sedimentos.

La tesis ha sido redactada en inglés con el objetivo de hacer el texto accesible al mayor número de personas.

Se incluye a continuación una relación de los capítulos que componen la tesis con una breve introducción a cada uno de ellos:

-En el Capítulo 1 se da una introducción a los temas y el área de estudio. Se hace una aproximación a la importancia de los márgenes continentales en el ciclo del carbono y el papel de los cañones submarinos en la transferencia de agua y partículas a través de los márgenes continentales.

-En el Capítulo 2 se detallan las metodologías y técnicas utilizadas a lo largo de este trabajo. 7 moorings equipados con un total de 7 trampas de sedimento y 18 correntímetros (algunos de ellos equipados con turbidímetros) se fondearon en el

Cañón de Palamós y el talud adyacente de Marzo a Noviembre de 2001. Adicionalmente, se obtuvieron testigos de sedimento en el eje del cañón.

-En el Capítulo 3 se describe el contexto hidrológico y oceanográfico durante el estudio.

-En el Capítulo 4, en base a muestras obtenidas con trampas de sedimento, se analiza la variabilidad espacial y temporal de los flujos verticales de partículas y la composición (carbonatos, sílice biogénica, materia orgánica y fracción litogénica) de éstas en el Cañón de Palamós y el talud adyacente. También se hace uso del radioisótopo ^{210}Pb como trazador de las partículas. Este estudio pone de manifiesto la alta actividad de este cañón en términos de flujos de masa total, significativamente superior a los cañones submarinos previamente estudiados en el Mediterráneo Noroccidental. Los resultados permiten además dividir el cañón en dos áreas o dominios, atendiendo a su régimen sedimentario.

-En el Capítulo 5 se estudian flujos gravitativos de sedimento registrados en el eje del cañón, a 1200 metros de profundidad. Estos eventos no están relacionados con procesos naturales, sino con actividades humanas (pesca de arrastre) en la pared norte del cañón. El sedimento erosionado por las artes de pesca a profundidades entre 400 y 750 metros es canalizado por un tributario incidido en la pared norte del cañón y transportado hacia el eje del cañón en forma de flujos gravitativos.

-En el Capítulo 6, se utilizan datos de correntímetros y turbidímetros para cumplir dos propósitos: Se describen por una parte las corrientes medias a 3 niveles dentro y fuera del cañón submarino, y por otra los flujos horizontales de partículas a 12 metros sobre el fondo y en un punto en aguas intermedias. Se calcula el transporte cumulativo de partículas durante el periodo de estudio en varios puntos del cañón. Los resultados muestran la importancia de los flujos gravitativos en la transferencia horizontal neta de partículas a 1200 y 1700 m en el eje del cañón y a 1300 m en la pared sur.

-En el Capítulo 7 se estiman, mediante datación con los radioisótopos ^{210}Pb y ^{137}Cs , las tasas de acumulación de 3 testigos de sedimento tomados en el eje del cañón. Los resultados sugieren un cambio de la tasa de sedimentación a 1700 m de profundidad durante las últimas décadas, que se relaciona tentativamente con los flujos gravitativos de sedimento descritos en los capítulos 5 y 6. Por otra parte, se comparan los flujos de ^{210}Pb medidos mediante trampas de sedimentos con los flujos teóricos en estado estacionario y los flujos necesarios para justificar los inventarios de ^{210}Pb en el sedimento, lo que confirma la importancia del transporte lateral de partículas en la zona.

-En el Capítulo 8 se resumen los principales resultados e ideas expuestas en los capítulos anteriores.

-En el Capítulo 9 se introducen algunas líneas de investigación que este trabajo deja abiertas, y que se esperan emprender en el futuro.

Las referencias bibliográficas usadas en todos los capítulos están agrupadas al final del trabajo, en orden alfabético.

Thesis Abstract

The present thesis focuses on the transfer and accumulation of particulate matter in the Palamós Canyon, located in the Northwestern Mediterranean. In the context of the CANYONS project, 7 moorings with a total of 7 sediment traps and 18 current meters (some of them equipped with turbidimeters) were deployed in the Palamós submarine canyon and adjacent slope from March to November 2001, during two consecutive deployments.

Total mass fluxes, major constituents (organic carbon, opal, calcium carbonate and lithogenics) contents and fluxes, granulometry and ^{210}Pb activity of particulate matter from sediment trap samples were analysed. Horizontal fluxes of suspended particulate matter were calculated from the current meter/nephelometer pairs. Additionally, three sediment cores were collected in the canyon axis and dated with the radionuclides ^{210}Pb and ^{137}Cs .

Downward particle fluxes measured in the Palamós Canyon were highly variable and significantly higher than those measured in other Northwestern Mediterranean canyons at similar depths. This high sedimentological activity is related to the morphological characteristics of the canyon and the fact that it incises almost the full width of the continental shelf, with the canyon head located a few kilometres from the coastline. Besides, the steep canyon walls and the gullies incised in the walls enhance the transference of particles from the shelf and upper slope into the canyon. The results evidence that the Palamós Canyon acts as a preferential path for offshore export of particulate matter, when compared with the adjacent open slope. This difference was further heightened during a major storm in November 2001.

The spatial-temporal distribution of total mass fluxes and major constituents allowed two domains to be defined in the Palamós Canyon: an inner domain (up to 1200 m depth) constricted by the canyon topography and mainly influenced by the lateral transport of particulate matter from the adjoining shelf, and an outer domain, where slope dynamics and seasonal trends are more important in determining the composition and amount of downward fluxes.

The regional current (Northern Current) flows over the canyon little affected by the underlying topography at depths of 150-250 m depth. At intermediate levels of the water column (400-500 m depth), the water flow is strongly affected by the canyon topography in the inner domain, promoting a closed circulation. In the southern side of the canyon, the mean cross-canyon flow is deflected offshore along the south canyon wall. The current is apparently weaker at the south than at the north canyon wall, allowing particles to settle out of the water column in the latter.

Near the bottom (12 meters above), two main mechanisms of horizontal particle transport were identified: 1) Current-driven transport. Along the canyon axis, a relatively weak net sediment flux is directed up-canyon; 2) Sporadic sediment gravity flows, which dominated largely the net near-bottom sediment transport during the study period, especially at 1200 and 1700 m depth in the canyon axis, but also in the southern wall at 1300 m depth.

Most of the sediment gravity flows at 1200 m depth were not caused by natural processes. Instead, they were triggered by trawling activities in the north canyon rim and channeled towards the canyon axis through a gully deeply incised in the canyon wall.

Dating of sediment cores suggested a change in sediment accumulation trends at 1700 depth in the last decades, which is tentatively linked to the sediment gravity flows triggered by fishing activities. A similar situation is also possible at 470 m depth in the canyon head, although in this case deep mixing in the sediment core could not be ruled out. At 1200 m depth in the canyon axis, downward and horizontal particle fluxes largely exceed the sediment accumulation rates, suggesting that this part of the canyon acts as a by-pass for particles in transit to deeper regions.

This thesis highlights the importance of the Palamós Canyon as a natural conveyor of organic and inorganic particulate matter across the NE Spanish continental margin, but also the possibility of enhanced particulate matter fluxes during the last decades due to anthropogenic causes.

Index

1. Introduction	5
1.1. The global concern for the carbon cycle and the role of oceans	5
1.2. Continental margins: Interfaces between land and the ocean	7
1.3. Relevance of submarine canyons in the across-margin transference of particulate matter	11
1.4. Interaction of submarine canyons with regional currents and hydrography	14
1.5. Ecological relevance of submarine canyons	16
1.6. Study area	18
1.6.1. The Northwestern Mediterranean	18
1.6.2. The Catalan Sea	20
1.6.3. The Palamós Canyon	23
2. Methodology	25
2.1. Field work and instrumentation	25
2.1.1. Mooring lines	25
2.1.1.1. Current meters	28
2.1.1.2. Sediment traps	30
2.1.2. Oceanographic surveys	33
2.1.3. Sediment cores	34
2.2. Laboratory work	35
2.2.1. Preparation of sediment traps	35
2.2.2. Treatment of sediment trap samples	36
2.2.3. Treatment of sediment cores	37
2.2.4. Determination of total mass fluxes	37
2.2.5. Elemental analysis	38
2.2.5.1. Total carbon	38
2.2.5.2. Inorganic and organic carbon	38
2.2.5.3. Biogenic silica	39
2.2.6. Determination of particulate matter main constituents	40
2.2.7. Grain size analysis	42
2.2.8. Radiochemical analysis	44

2.3. Data processing, calibrations and calculations	46
2.3.1. Determination of accumulation rates in the sediments	46
2.3.2. Calibration of sensors used during oceanographic surveys	48
2.3.2.1. Idronaut turbidimeter calibration	49
2.3.2.2. Sea Tech transmissometer calibration	49
2.3.3. Calibration of Aanderaa turbidimeters	50
2.3.4. Current meter data processing	51
2.3.4.1. Fouling over turbidity sensors	52
2.3.4.2. Calculation of advective fluxes	53
2.4. Assessment of sediment trap efficiency	53
3. General forcing conditions and hydrography during the study	57
3.1. Introduction	57
3.2. River runoff and sea conditions	57
3.2. General hydrographic conditions in the water column	60
4. Composition and variability of particulate matter downward fluxes	67
4.1. Introduction	67
4.2. Results	68
4.2.1. Total mass fluxes	68
4.2.2. Major constituents contents and fluxes	72
4.2.2.1. Lithogenics	77
4.2.2.2. Carbonates	77
4.2.2.3. Organic carbon and opal	77
4.2.3. ²¹⁰ Pb activity	78
4.2.4. Main compositional trends	82
4.3. Discussion	84
4.3.1. Sediment gravity flows in the canyon	84
4.3.2. Effects of a major storm over particulate fluxes in the canyon	86
4.3.3. General trends of total mass fluxes in the Palamós Canyon	87
4.3.4. ²¹⁰ Pb activity on settling particles	90
4.3.5. The spring biological bloom	93
4.3.6. Inner and outer canyon domains	94
4.3.7. Sources and significance of carbonate fluxes	95

4.3.8. Across canyon asymmetry in downward fluxes	97
4.4. Conclusions	99
5. Sediment gravity flows induced by trawling in the Palamós Canyon	101
5.1. Introduction	101
5.1.1. Can bottom trawling unveil unexplained increases in turbidity/particle fluxes measurements?	102
5.1.2. The fishery of <i>Aristeus antennatus</i> in Palamós	106
5.2. Observational work	107
5.3. Results	107
5.3.1. Total mass fluxes (TMF) and suspended sediment concentration (SSC) along the canyon axis	107
5.3.2. Increasing SSC, current speed, grain size and particle flux events	109
5.3.3. Trawling	113
5.4. Discussion	115
5.4.1. Possible ecological impacts	121
5.6. Conclusions	122
6. Mean water flow and horizontal transfer of suspended particulate matter	123
6.1. Introduction	123
6.2. Results and discussion	124
6.2.1. Mean currents and net water flows	124
6.2.1.1. Upper level	125
6.2.1.2. Intermediate level	127
6.2.1.3. Near-bottom level	130
6.2.2. Suspended particulate matter fluxes near the bottom	134
6.2.3. Sediment gravity flows at 1700 m depth in the canyon axis	141
6.2.4. Mean horizontal fluxes of suspended particulate matter	143
6.3. Conclusions	145
7. Sediment transport and accumulation along the Palamós Canyon derived from ²¹⁰Pb and ¹³⁷Cs analysis	147
7.1. Introduction	147
7.2. Results	149

7.2.1. Sediment cores description	149
7.2.1.1. Core C2	149
7.2.1.2. Core C3	152
7.2.1.3. Core C5	154
7.2.2. Sediment trap samples	155
7.3. Discussion	159
7.3.1. Comparison of surficial sediments and sediment trap samples	159
7.3.2. ²¹⁰ Pb budget in the water column	161
7.3.3. Comparison between ²¹⁰ Pb fluxes in near-bottom traps and the underlying sediment	162
7.3.4. Sediment textural signatures	166
7.3.5. Changes of sedimentary trends in Palamós Canyon on recent times?	167
7.4. Conclusions	169
8. Main findings and concluding remarks	171
9. Open issues and future research topics	177
9.1. Sediment transport in the Palamós Canyon during winter	177
9.2. Impact of bottom trawling in sediment redistribution and accumulation in the NE Spanish continental margin	177
9.3. Short-term variability of currents in and around Palamós Canyon and its influence in the variability of downward particle fluxes	178
References	179

[Download the full document](#)
[Bajar la tesis completa](#)
(tamaño: 9.01 MB)