

1506

UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI URBINO  
CARLO BO

DISTEVA  
DIPARTIMENTO DI  
SCIENZE DELLA TERRA, DELLA VITA  
E DELL'AMBIENTE

**ALLEGATO N. 25/4**

AL VERBALE N. 25 DEL CONSIGLIO DEL DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, DELLA  
VITA E DELL'AMBIENTE DEL 5 FEBBRAIO 2015

---

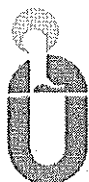
PROGRAMMA DI RICERCA PER N. 1 BORSA DI STUDIO PER LA RICERCA  
E LA FORMAZIONE AVANZATA, NELL'AMBITO DELLE ATTIVITÀ PREVISTE  
DAL VIGENTE ACCORDO PROGRAMMATICO CON IL MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE, SOTTO LA RESPONSABILITÀ SCIENTIFICA  
DEL DOTT. SIMONE GALEOTTI

---



**Segreteria Amministrativa DISTEVA**

Campus Scientifico Enrico Mattei - Via Ca' Le Suore 2 - Località Crocicchia - 61029 Urbino PU  
Tel. +39 0722 304305-4288-4323-4324-4327 - Fax +39 0722 304306  
segreteria.disteva@uniurb.it - www.uniurb.it



## Borsa di studio sul tema di ricerca: "Il ruolo della forzante orbitale nel controllo del ciclo del carbonio in sistemi greenhouse".

### BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO DI RICERCA

Le dinamiche del sistema climatico e la sua evoluzione nel Paleocene superiore-Eocene inferiore (60-50Ma) sono state oggetto di grande interesse scientifico nell'ultimo decennio. Tale interesse è stato originariamente stimolato dalla identificazione del Paleocene Eocene Thermal Maximum (PETM) quale evento globale di cambiamento ambientale con conseguenze biologiche nei sistemi ecologici marini e continentali. Le caratteristiche salienti del PETM, così come sono state registrate nel "record" oceanico, sono riferibili a una rapida diminuzione dei valori degli isotopi stabili dell'ossigeno ( $\delta^{18}\text{O}$ ), che indicano un riscaldamento repentino delle acque superficiali e profonde degli oceani, e a un'anomalia negativa nei valori isotopici del carbonio ( $\delta^{13}\text{C}$ ). A tali variazioni corrisponde un'espansione latitudinale di associazioni con affinità subtropicali e un importante evento di estinzione dei foraminiferi bentonici (Thomas 1989). Gli ecosistemi continentali registrarono altrettanto importanti cambiamenti che portarono alla comparsa di importanti gruppi di mammiferi "moderni" e una concomitante accelerazione dei regimi idrologici.

Una rilevante peculiarità del PETM è l'estrema velocità alla quale occorsero tali eventi. La rapidità dell'evento è, secondo la tesi maggiormente accreditata (Dickens et al., 1995; Dickens, 1997), spiegabile con il rapido rilascio d'ingenti quantità (>2000 Gtons) di carbonio, sotto forma di metano, nel sistema oceano/atmosfera. Due osservazioni, in particolare, supportano questa ipotesi: 1) l'escursione negativa del  $\delta^{13}\text{C}$  (in breve CIE) in ambiente marino e continentale e la diffusa dissoluzione dei carbonati oceanici profondi (Zachos et al., 2005; Zeebe and Zachos, 2007) e 2) La CIE implica una sorgente di carbonio impoverito in  $^{13}\text{C}$ . La drammatica risalita del limite di compensazione dei carbonati all'inizio del CIE implica un rapido riassorbimento del sistema oceanico del carbonio emesso in atmosfera, con conseguente riduzione di pH e alcalinità (Zachos et al. 2005).

Per queste sue caratteristiche, il PETM è un evento adatto ad analizzare sistemi climatici passati caratterizzati da processi legati a un eccesso di  $\text{CO}_2$  e acidificazione oceanica, in modo simile all'attuale. Le ricerche sul PETM hanno ampiamente confermato le nostre conoscenze delle dinamiche del sistema climatico. Infatti, il rilascio di migliaia di Gton di carbonio in forma di gas serra provocò una fase di riscaldamento globale e acidificazione oceanica. Inoltre, in linea con i modelli di recupero dall'alterazione climatica indotta per combustione del totale dei combustibili fossili disponibili, una quantità equivalente al carbonio rilasciato al PETM (Archer et al. 2009), si osserva che la perturbazione climatica durò ca. 200 Ky.

Recenti analisi ad alta risoluzione delle successioni sedimentarie oceaniche hanno mostrato che il PETM non fu un evento isolato e che altre e simili, sia pur minori, anomalie del ciclo del carbonio occorsero nell'Eocene inferiore (Cramer et al., 2003; Lourens et al., 2005; Rohl et al. 2005). In tale intervallo, occorrono almeno due eventi con caratteristiche assimilabili a quelle del PETM: l'Eocene Thermal Maximum 2 (ETM2) a ~53.5 Ma e l'ETM3 a ~52.3 Ma. Questa successione di eventi (denominati hyperthermals), ha contribuito largamente a modificare la nostra visione di un sistema climatico stabile e poco variabile in condizioni di elevate concentrazioni di  $\text{CO}_2$  (sistemi 'greenhouse'). L'individuazione del forcing orbitale quale meccanismo scatenante gli hyperthermals (Cramer et al., 2003; Lourens et al., 2005; Galeotti et al., 2010) implica la presenza di importanti feedback nel ciclo del carbonio anche in assenza di ampie calotte glaciali. Queste ultime, infatti, sono determinanti nell'amplificazione delle fluttuazioni climatiche alla scala orbitale di sistemi 'icehouse' (ad es. il Quaternario).





Gli hyperthermals si verificarono durante una fase di riscaldamento a lungo termine che iniziò 60 Ma e culminò in corrispondenza dell'Early Eocene Climatic Optimum (~ 51 Ma). Recentemente è stato ipotizzato (Lunt et al., 2011) che il forcing orbitale sovrapposto a tale trend di riscaldamento abbia fornito un meccanismo fisico per la destabilizzazione dei gas idrati. Il modello di Lunt et al. (2011) spiega l'ampiezza progressivamente ridotta degli hyperthermals. Tuttavia, il bilancio di massa del carbonio rilasciato non si accorda con gli effetti previsti sulle temperature globali per i singoli eventi (Pagani et al., 2005). Inoltre, soprattutto a causa della scarsità di record disponibili, l'ipotesi di un aumento della frequenza degli hyperthermals verso l'EECO, è ancora da verificare nel record geologico.

È importante notare che il modello proposto da Lunt et al. (2011) implica che una serie di eventi speculari a quella dell'Eocene inferiore – caratterizzata cioè da aumento dell'ampiezza e diminuzione della frequenza dei singoli eventi – si sarebbe verificata attraverso l'intervallo di graduale raffreddamento successivo all'EECO. Tuttavia, il record geologico non fornisce tale evidenza. Al contrario, gli eventi ipertermici post-EECO sono molto numerosi e hanno una durata minore di quelli pre-EECO (Sexton et al., 2011). Inoltre, sono caratterizzati da un più rapido recupero del ciclo del carbonio che suggerisce un meccanismo di riassorbimento dell'eccesso di carbonio interno all'oceano, piuttosto che controllato dal lento processo di erosione di rocce silicee proposto per il PETM.

L'analisi degli hyperthermals ha importanti implicazioni per la comprensione degli scenari climatici futuri perché il confronto tra quantità di carbonio rilasciate e ampiezza della risposta in termini di riscaldamento globale, può fornire indicazioni sulla sensibilità del sistema climatico e sui meccanismi di feedback interni al ciclo del carbonio. Inoltre, dettagliate analisi micropaleontologiche possono fornire indicazioni sulla risposta del biota allo stress ambientale indotto dal rapido rilascio di ingenti quantità di gas serra nel sistema oceano/atmosfera. Tuttavia, diversi aspetti concernenti le relazioni causa/effetto tra le forzanti che innescarono gli hyperthermals, le risposte climatiche a breve e lungo termine e le successive fasi di recupero sono ancora, in larga misura, da chiarire.

Per chiarire meglio tali aspetti è necessario ottenere:

- 1) Il numero esatto degli hyperthermals e la loro distribuzione anche in intervalli di tempo caratterizzati da condizioni climatiche medie diverse da quelle ben conosciute di super-greenhouse dell'Eocene inferiore (es. Eocene medio);
- 2) Differenze e/o analogie dei meccanismi d'innescio, compresa la forzante orbitale;
- 3) Ampiezza dei singoli eventi;
- 4) Un quadro della risposta del sistema biogeochimico a singoli eventi di diversa ampiezza.

Il primo punto richiede l'estensione dei record geochimici e micropaleontologici ad alta risoluzione a intervalli stratigrafici più recenti dell'Eocene inferiore per poter determinare l'eventuale presenza di eventi non ancora descritti.

I punti 2 - 4 sono essenzialmente di natura comparativa e la loro risoluzione richiede:

- a) Stabilire la gerarchia degli eventi in base ad ampiezza e velocità dei singoli eventi.
- b) Quantificare la risposta a breve termine della componente biotica, anche in relazione ai trend evolutivi di lungo termine.
- c) Identificare la fase orbitale per ciascun evento, e la/e modulazione(i) di lungo termine.

A tal fine l'attività di ricerca dovrà produrre una documentazione sulle tendenze a lungo termine e le aberrazioni del ciclo del carbonio in base ai valori di  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\text{CaCO}_3$  ricavati nell'intervallo Paleocene-Eocene medio della sezione composita di Gubbio (bacino umbro-marchigiano, Italia centrale)

