



Università Politecnica delle Marche  
Dipartimento Scienze della Vita e dell'Ambiente

## Corso di Laurea Triennale in Scienze Biologiche L-13

Cellule microbiche «dormienti» negli strati subsuperficiali del sedimento marino:  
distribuzione globale e fattori che influenzano le endospore

Microbial dormancy in the marine subsurface: Global endospore abundance and  
response to burial

Tesi di Laurea di:  
Margherita Ceccarelli

Docente Referente  
Chiar.ma Prof.ssa:  
Cinzia Corinaldesi



# INTRODUZIONE

La stima delle cellule microbiche nei sedimenti marini è pari a:

$2,9 \times 10^{29} - 5,4 \times 10^{29}$  cellule

1% della biomassa  
totale vivente sulla Terra


Abbondanze di cellule e di biomarcatori  
microbici DIMINUISCONO nei sedimenti più  
profondi

Condizioni ambientali  
estreme

- Aumento della temperatura
- Limitazione delle risorse



# ADATTAMENTI DELLE CELLULE MICROBICHE NEGLI STRATI SUBSUPERFICIALI DEI SEDIMENTI MARINI

- Riduzione delle dimensioni e del contenuto di carbonio;
- Cambiamenti della morfologia e della mobilità;
- Modifiche nella composizione;
- Diminuzione del fabbisogno energetico minimo.
- Conversione in forme specializzate.  Un esempio:  
le endospore



## PHYLUM *FIRMICUTES* (*Bacillota*)

Suddiviso in 6 classi:

- *Bacilli*
- *Clostridia*
- *Eyripelotrichia*
- *Negativicutes*
- *Limnochordia*
- *Tissierellia*



Metodo di classificazione attraverso sequenziamento del gene RNA ribosomiale 16S (metabarcoding).

L'adattamento di molti membri del phylum alle loro specifiche nicchie ecologiche determina la loro impossibilità a formare endospore.



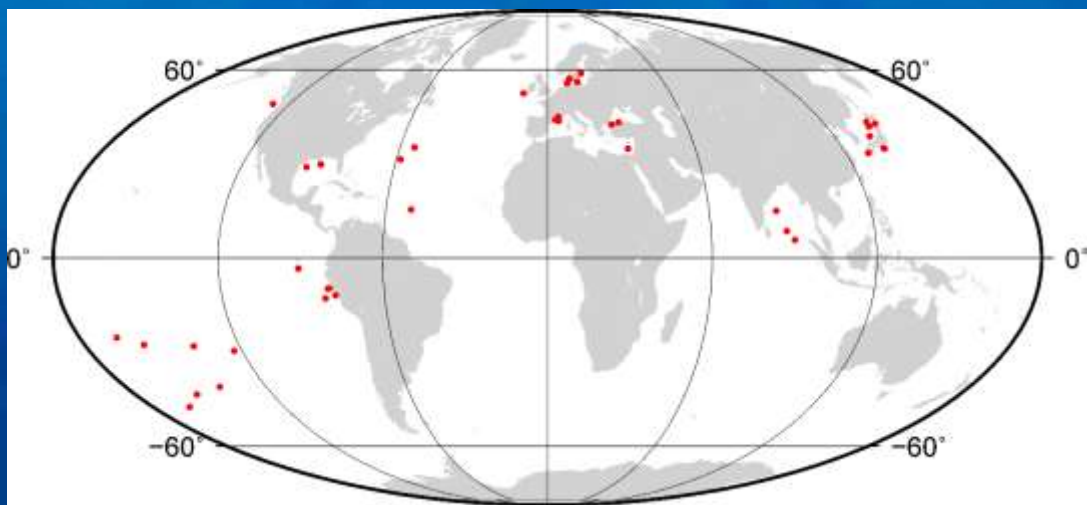
## OBIETTIVI INDIVIDUATI

Dai dati elaborati, relativi ai 331 campioni di sedimento, si è proceduto ad:

- Analizzare abbondanza e biomassa di cellule vegetative ed endospore, a livello globale negli strati subsuperficiali;
- Valutare i fattori che influenzano la concentrazione di endospore nel sedimento e la risposta all'infossamento e all'aging.



# MATERIALI ...



Programmi di ricerca:

- ODP
- IODP
- Crociere di ricerca internazionale

331 campioni di sedimento  
con profondità massima di 627 mbsf  
in 47 siti.

Nello specifico:

- Perù;
- Nord Atlantico;
- Baia di Aarhus;
- Baltico salmastro;
- Delta del Rodano;
- Mar Nero.



## ... E METODI

- Citometria a flusso e/o PCR digitale (dPCR)



Cellule vegetative

- Concentrazione dello specifico biomarcatore Acido Dipicolinico (DPA)



Endospore

La stima globale di queste ultime si individua con:

- 1) Calcolo della profondità media del sedimento;
- 2) Parametrizzazione in un singolo sito/distribuzione geografica;
- 3) Conversione delle cellule vegetative in endospore.

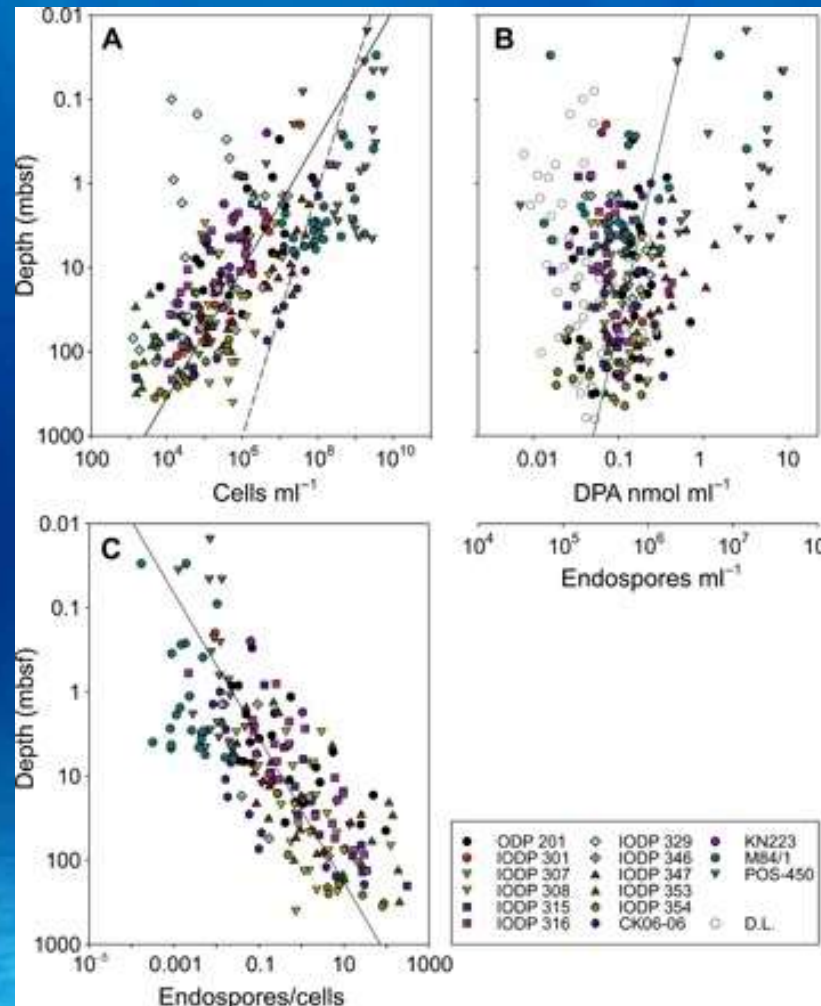


# RISULTATI E DISCUSSIONE

## *Distribuzione downcore delle endospore e cellule vegetative*

La concentrazione delle cellule vegetative decresce con la profondità.

L'aumento del rapporto endospore/cellule vegetative, rispetto alla profondità, evidenzia già a 25 mbsf la dominanza delle endospore.



La concentrazione delle endospore decresce leggermente o rimane costante nell'intervallo 10<sup>5</sup> – 10<sup>6</sup> endospore ml, rispetto alla profondità.



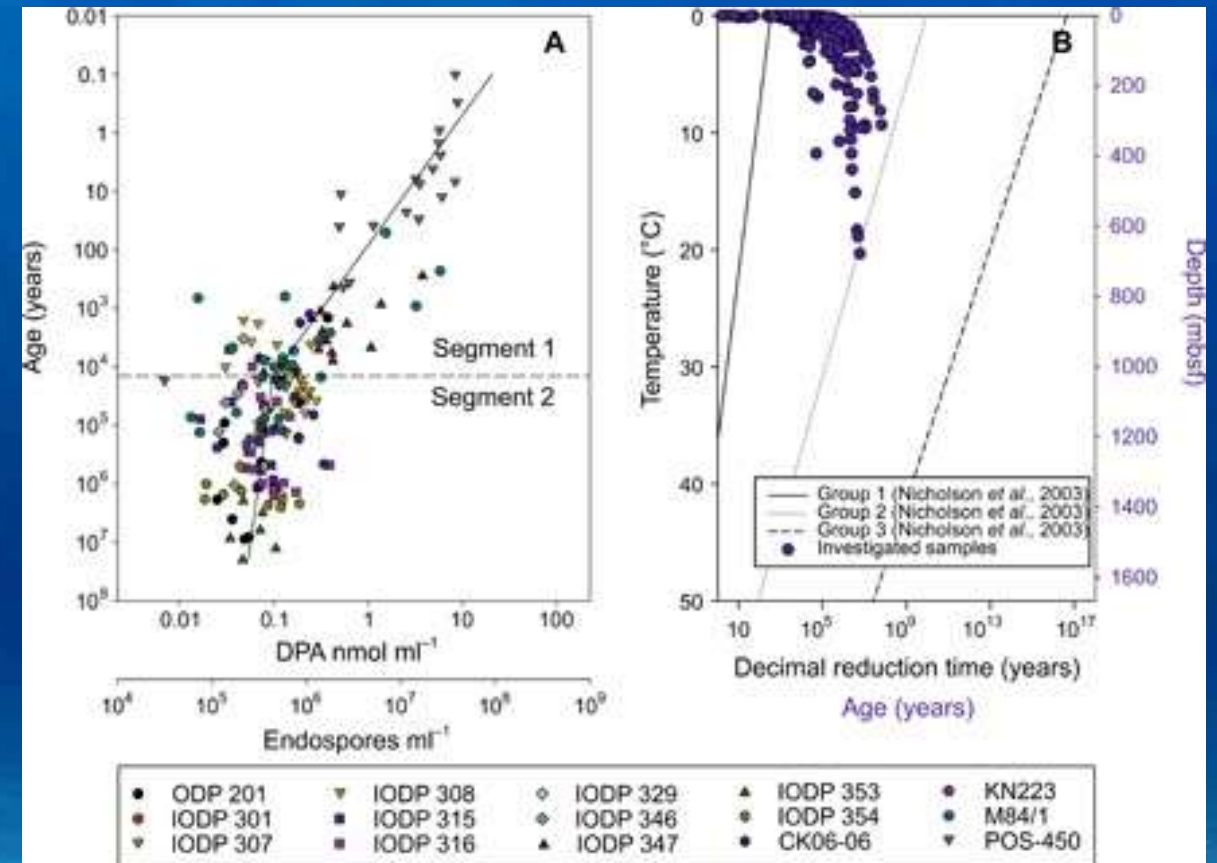


# RISULTATI E DISCUSSIONE

## *Fattori che controllano l'abbondanza delle endospore nei sedimenti marini*

È possibile identificare che:

- la concentrazione delle endospore diminuisce di più di 2 ordini di grandezza in campioni di sedimenti più giovani;
- la concentrazione di endospore si è solo dimezzata in campioni di sedimenti più vecchi.

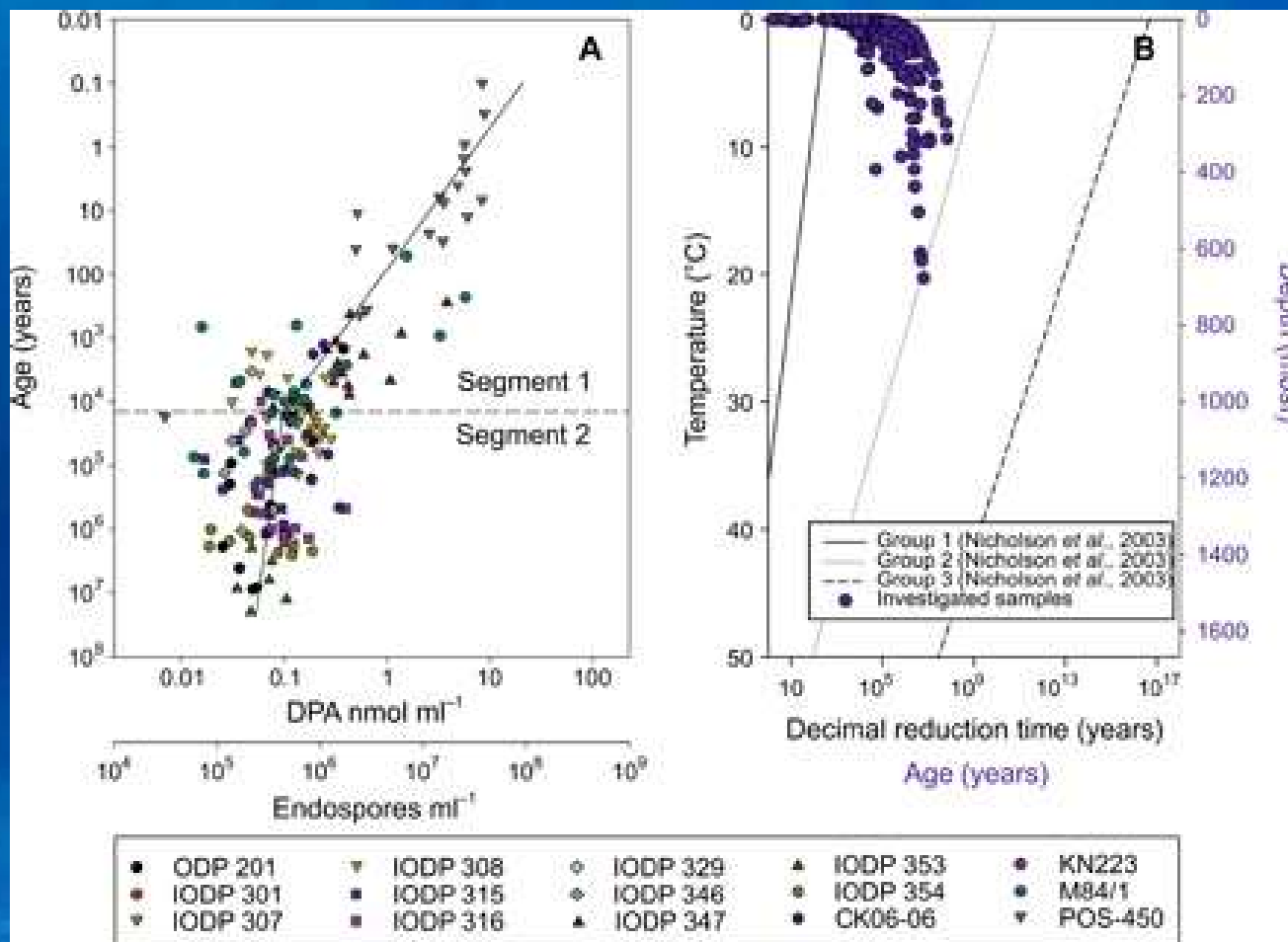


Presenza, quindi, di almeno due differenti sottopopolazioni di endospore.



# RISULTATI E DISCUSSIONE

## *Fattori che controllano l'abbondanza delle endospore nei sedimenti marini*



Esposizione delle endospore all'aumento della temperatura e la loro conseguente sopravvivenza.

Si identificano:

- Endospore meno resistenti all'aumento della temperatura, che possono depositarsi sulla superficie del sedimento;
- Endospore più resistenti (termofili), che possono essere dominanti nei sedimenti più profondi.



# RISULTATI E DISCUSSIONE

## *Stime dell'abbondanza globale delle endospore nel sottosuolo marino*

Modeling approach	Data used	Endospore population	Endospore biomass (Pg C)	Vegetative cell population	Vegetative cell biomass (Pg C)
Average sediment depth calculation	Global correlation of endospore concentration vs. depth (this study)	$8.2 \times 10^{28}$	15	$1.3 \times 10^{29}$	1.8
Single-site parameterization of endospore concentration	Endospore concentration vs. depth at single sites (this study)	$2.5 \times 10^{28}$	4.6	-	-
Vegetative cell to endospore conversion	Global correlation of endospore/cell ratio vs. depth (this study). Modeled global abundance of vegetative cells vs. depth (2)	$1.9 \times 10^{29}$	35	$8.5 \times 10^{28}$	1.2



# CONCLUSIONI

- La biosfera marina «dormiente» delle endospore, anche in termini di biomassa, è più rilevante di quella delle cellule vegetative. Già, infatti, a 25 mbsf le endospore vanno a dominare gli strati subsuperficiali del sedimento marino.
- La presenza di più sottopopolazioni di endospore nei diversi strati è determinata in base all'aging del sedimento e alla loro resistenza alla temperatura.
- L'esistenza di ulteriori pool di altre cellule specializzate e dormienti rimane ancora da indagare.



# RIASSUNTO ESTESO

I sedimenti marini ospitano una biosfera microbica inaspettatamente grande, facendo ipotizzare meccanismi microbici unici per sopravvivere alle profondità del sedimento e un lento turnover metabolico. La dormienza, infatti, può essere considerata un'importante strategia di sopravvivenza anche se il suo ruolo specifico, nei sedimenti profondi, rimane poco chiaro.

In questo studio è stata determinata la rilevanza quantitativa delle endospore batteriche dormienti in 331 campioni di sedimento marino, raccolto in diverse aree geografiche del globo e con diverse caratteristiche. L'abbondanza di endospore rispetto a quella delle cellule vegetative aumenta nei sedimenti subsuperficiali, diventando dominanti al di sotto dei 25 m. Si stimano una quantità di endospore tra le  $2,5 \times 10^{28}$  e  $1,9 \times 10^{29}$  con una corrispondente biomassa di carbonio compresa tra 4,6 e 35 Pg. Si identificano, poi, distinti sottogruppi di endospore che si modificano rispetto alla temperatura, alla profondità e all'aging del sedimento.



# BIBLIOGRAFIA

1. Galperin MY.. Genome Diversity of Spore-Forming *Firmicutes*.  
Microbiol Spectr, 2013 Dec;1(2):TBS-0015-2012-. doi: 10.1128/microbiolspectrum.TBS-0015-2012.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4306282/>
2. Galperin MY, Yutin N, Wolf YI, Vera Alvarez R, Koonin EV. Conservation and Evolution of the Sporulation Gene Set in Diverse Members of the *Firmicutes*.  
J Bacteriol. 2022 Jun 21;204(6):e0007922. doi: 10.1128/jb.00079-22.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9210971/>



GRAZIE PER L'ATTENZIONE