

Effetti dell'acidificazione sulle comunità bentoniche

Paolo Tomassetti

ISPRA CN-LAB – Centro Nazionale per la rete dei Laboratori



Ecosistemi acquatici e cambiamenti climatici, 2 e 3 marzo 2023, Reggio Emilia

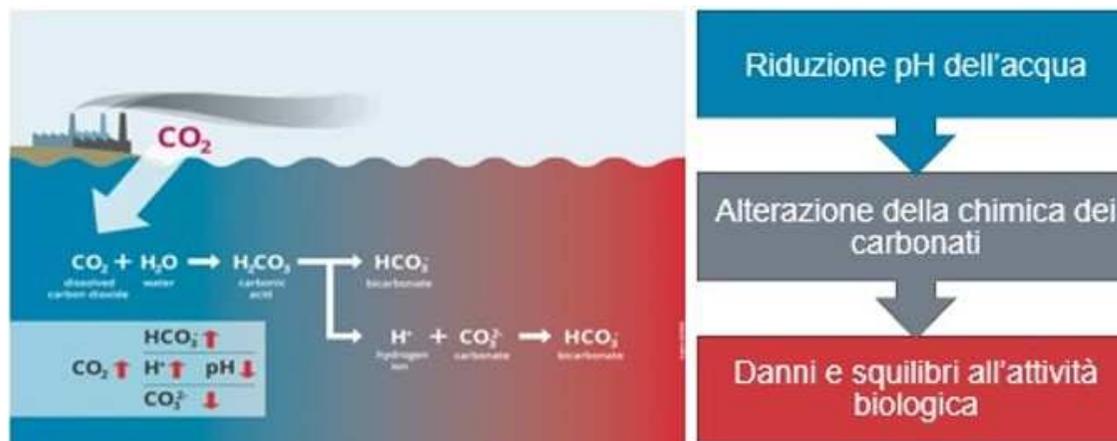
L'acidificazione degli oceani

Cause e dinamiche

- Tutti i modelli dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) stimano, entro il 2100, una diminuzione del pH superficiale dei mari di 0,4 unità e un aumento dell'acidità del 170% rispetto al periodo pre-industriale

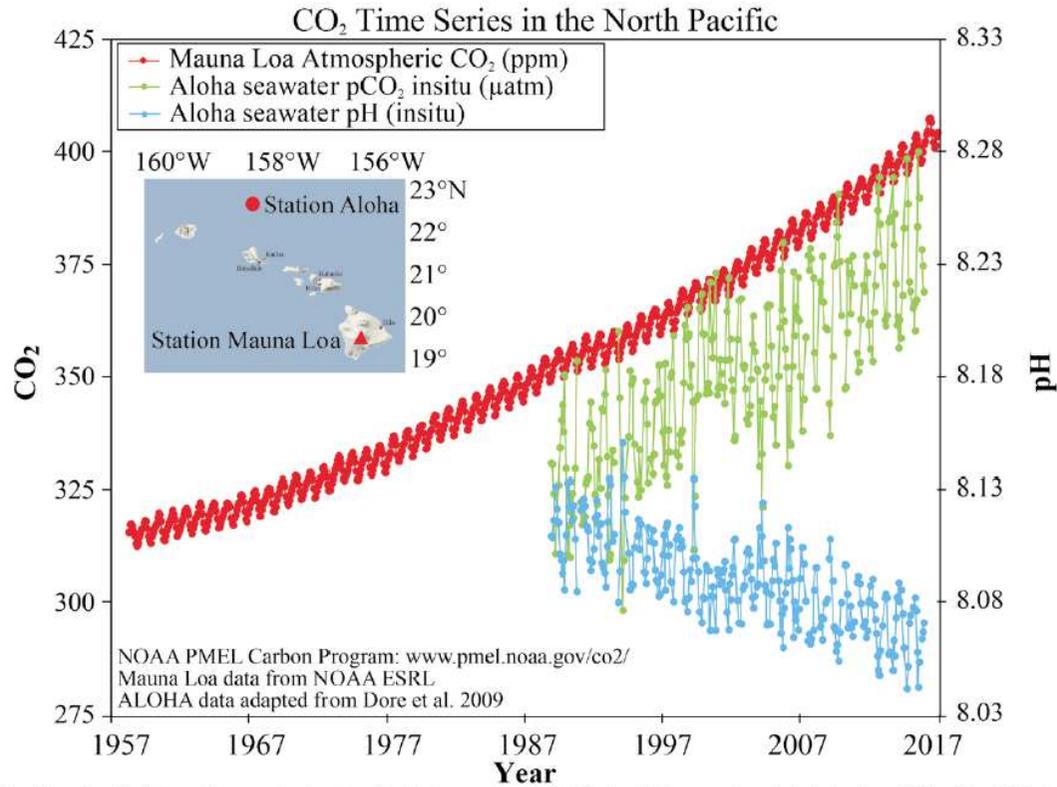


- L'alterazione della pCO_2 sulla superficie marina determina una reazione chimica che riduce il pH dell'acqua.
- Dalla rivoluzione industriale ad oggi, il **pH medio della superficie oceanica** ha subito una **diminuzione** di **0,1 unità di pH**.



L'acidificazione degli oceani

Evidenze sperimentali



Trend quantitativi

	Glacial	Pre-industrial	Present	2XCO ₂	3XCO ₂	Change from pre-industrial to 3XCO ₂
CO ₂ (g) / pCO ₂	180	280	380	560	840	200%
CO ₂ (aq) + H ₂ O ⇌ H ₂ CO ₃ (Carbonic acid)	7	9	13	18	25	178%
H ₂ CO ₃ ⇌ H ⁺ + HCO ₃ ⁻ (Bicarbonate)	1666	1739	1827	1925	2004	15%
HCO ₃ ⁻ ⇌ H ⁺ + CO ₃ ⁻² (Carbonate)	279	222	186	146	115	-48%
DIC	1952	1970	2026	2090	2144	8.8%
pH _(sws)	8.32	8.16	8.05	7.91	7.76	-0.4
Ω _{calcite}	6.63	5.32	4.46	3.52	2.77	-48%
Ω _{aragonite}	4.26	3.44	2.90	2.29	1.81	-47%

Fabry V., Seibel B., Feely R., Orr J. (2008) - Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem Processes. ICES, 2008

Effetti e interazioni

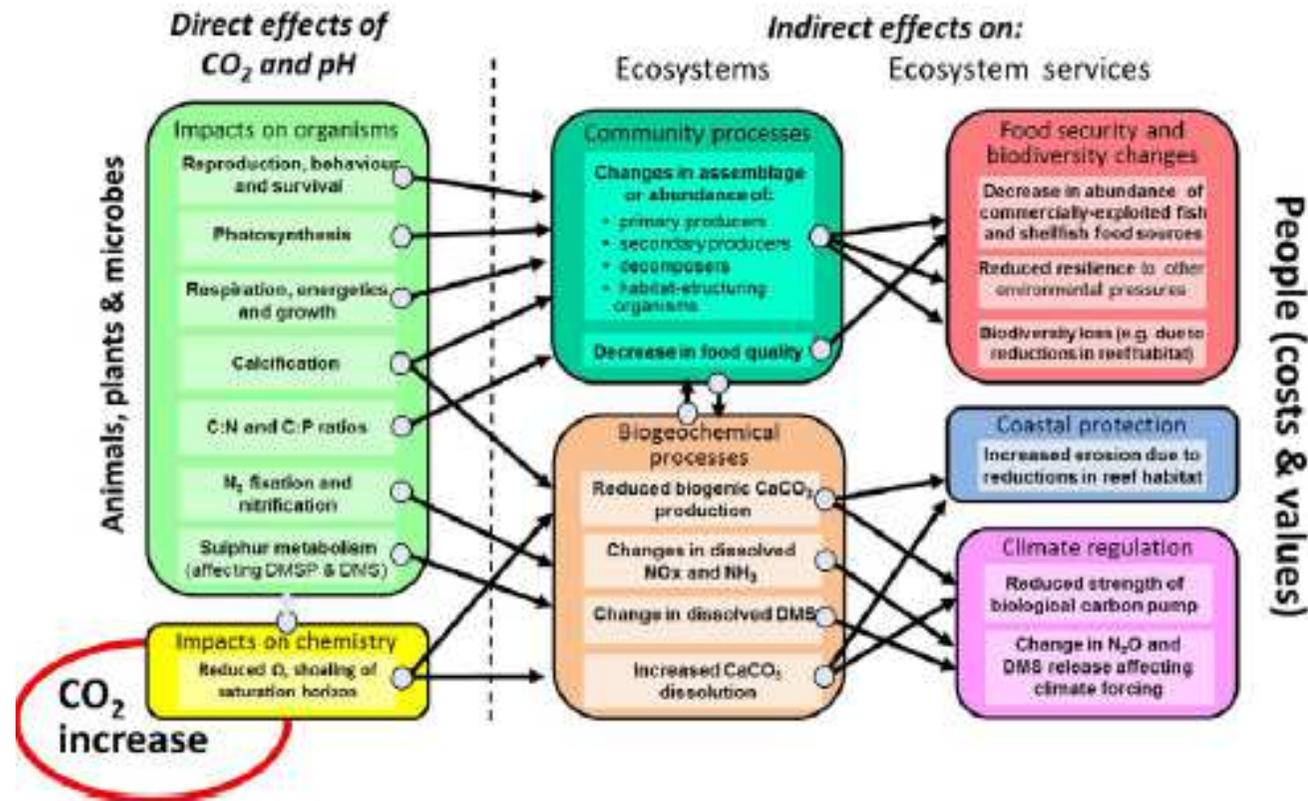


Figure 1.3. Simplified summary of the impacts of ocean acidification on organisms, ecosystems, ecosystem services and hence society. Impacts cascade through marine ecosystems, with societal effects including changes to food security, biodiversity, coastal protection and climate regulation (see Table 5.2 for further detail). DMS, dimethylsulphide; DMSP, dimethylsulphoniopropionate; Ω , CaCO₃ saturation state. Based on^[25].

Da: IUCN – An introduction to ocean acidification. 2017



Observed regional hazards and impacts in the ocean

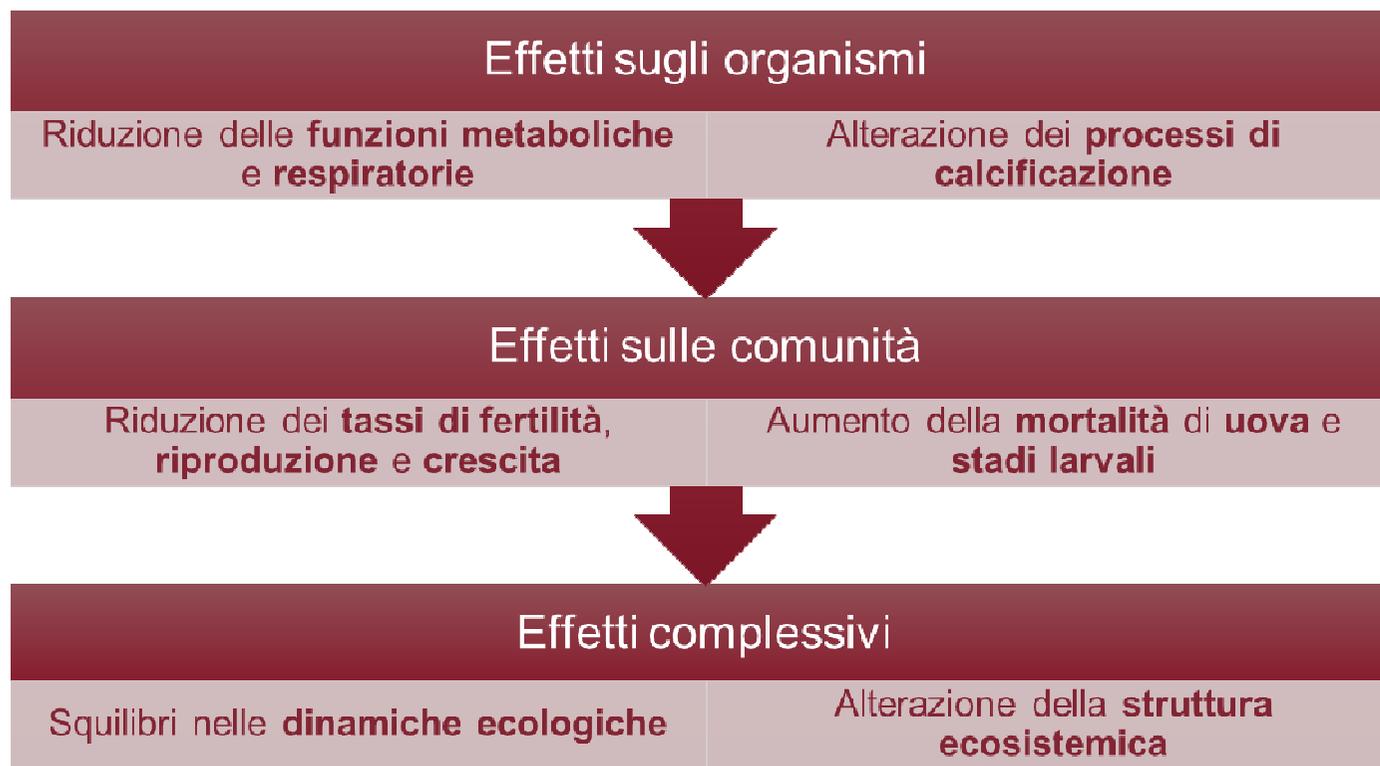
		Arctic	EBUS ¹	North Atlantic	North Pacific	South Atlantic	South Pacific	Southern Ocean	Temperate Indian Ocean	Tropical Atlantic	Tropical Indian Ocean	Tropical Pacific		
Attributed to Greenhouse Gases	Physical changes	Temperature	••	•	••	••	••	••	••	••	••	••	•	Physical changes increase decrease increase and decrease
		Oxygen	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
		Ocean pH	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	
		Sea ice extent	•••						•					
		Sea level	•	••	••	••	••	••	••	••	••	••	••	
Attributed to Climate Change	Ecosystems	Upper water column	••	•	•••	••	••	••	••	•	••	•	••	Systems positive negative positive and negative
		Coral			•			•••			•••	•••	•••	
		Coastal wetlands			••	••	••	••		••	••	••	••	
		Kelp forest	••	••	••	••	•	•		•			•	
		Rocky shores			•••	••				•				
		Deep sea				•								
		Polar benthos	••						••					
	Sea ice-associated	••						••						
	Human systems and ecosystem services	Fisheries	••	•	•••	•	•	•	•	•	••	•	•	Attribution confidence high medium low no assessment
		Tourism	••	•		•		•	•	•	•		•	
		Habitat services	••	•	••	••	•	••	•		••	••	••	
		Transportation/shipping	••											
		Cultural services	••		•	•		•						
Coastal carbon sequestration				••	••	•	•		•	•	••	•		

¹ Eastern Boundary Upwelling Systems (Benguela Current, Canary Current, California Current, and Humboldt Current); (Box 5.3)

L'acidificazione degli oceani

Effetti diretti e indiretti

- L'acidificazione produce **effetti diretti** ed **effetti indiretti** su più livelli ecologici.



Acidificazione

Riepilogo cause/effetti sulle comunità bentoniche

PRESSIONE	CAUSE	RISULTATI	EFFETTI DIRETTI	IMPATTI
Acidificazione	<ul style="list-style-type: none">▪ Aumento della CO₂ in atmosfera▪ Contributi locali (eutrofizzazione, emissioni industriali)	<ul style="list-style-type: none">▪ Variazione del pH nei mari e della chimica del carbonato▪ Dissoluzione progressiva del carbonato di calcio	<ul style="list-style-type: none">▪ Ridotta calcificazione e crescita in molte specie▪ Erosione delle scogliere organogene	<ul style="list-style-type: none">▪ Riduzione dell'abbondanza di specie con strutture carbonatiche▪ Cambiamenti nella rete trofica▪ Effetti sull'acquacultura▪ Rischio di estinzione di alcune specie di coralli associata a perdita degli habitat e all'incremento dell'erosione costiera▪ Ridotta fissazione di CO₂ nelle acque marine

La nostra comprensione di come è aumentata l'acidità degli oceani e di come essa possa influenzare gli ecosistemi marini è al momento molto limitata anche perché non sono noti gli effetti sinergici con altre variabili chimico-fisiche influenzate dai cambiamenti climatici

COMUNITA' BENTONICHE

STUDI SUGLI EFFETTI DELLE COMUNITA' BENTONICHE

Le stime di aumento graduale dell'acidificazione marina hanno stimolato ricerche per comprendere gli effetti di tali alterazioni ambientali.

- Esperimenti in mesocosmi con controllo delle variabili chimico-fisiche
- Studi condotti in ambienti naturalmente acidificati (sorgenti idrotermali, vents)
- Studi in altri habitat con chimismo alterato (ambienti fortemente eutrofizzati, siti industriali...)
- Modelli predittivi

EFFETTI SUGLI ORGANISMI

ACIDIFICAZIONE DEI MARI E IMPATTI SUI MOLLUSCHI

Molte di queste conclusioni derivano da studi condotti in condizioni di laboratorio e non sul campo

La diminuzione del pH provoca:

- Alterazione nei processi di calcificazione
- Alterazione e riduzione della crescita della conchiglia e del tessuto molle
- Alterazione nella fisiologia dei molluschi
- Alterazione metabolica (depressione dell'attività)

In molti casi questi effetti sono specie-specifici

Variazioni della temperatura o di altre variabili chimiche o chimico fisiche possono avere un'azione sinergica ulteriormente negativa



EFFETTI SUGLI ORGANISMI

ACIDIFICAZIONE DEI MARI E IMPATTI SUI PESCI

In molti casi questi effetti sono specie-specifici

La diminuzione del pH provoca nei primi stadi di sviluppo:

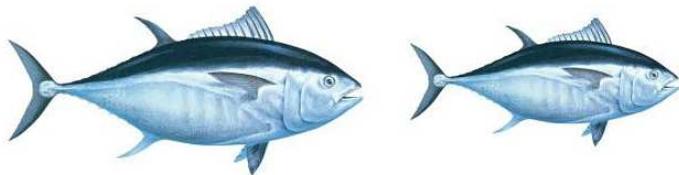
- Diminuzione della sopravvivenza e del tasso di crescita
- Alterazione del comportamento dovuto anche a variazione della crescita degli otoliti
- Alterazione del metabolismo e dello sviluppo embrionale
- Tolleranza all'ipercapnia

I pesci adulti possono variare la loro distribuzione geografica o batimetrica

Under a high CO2 emission scenario

2000

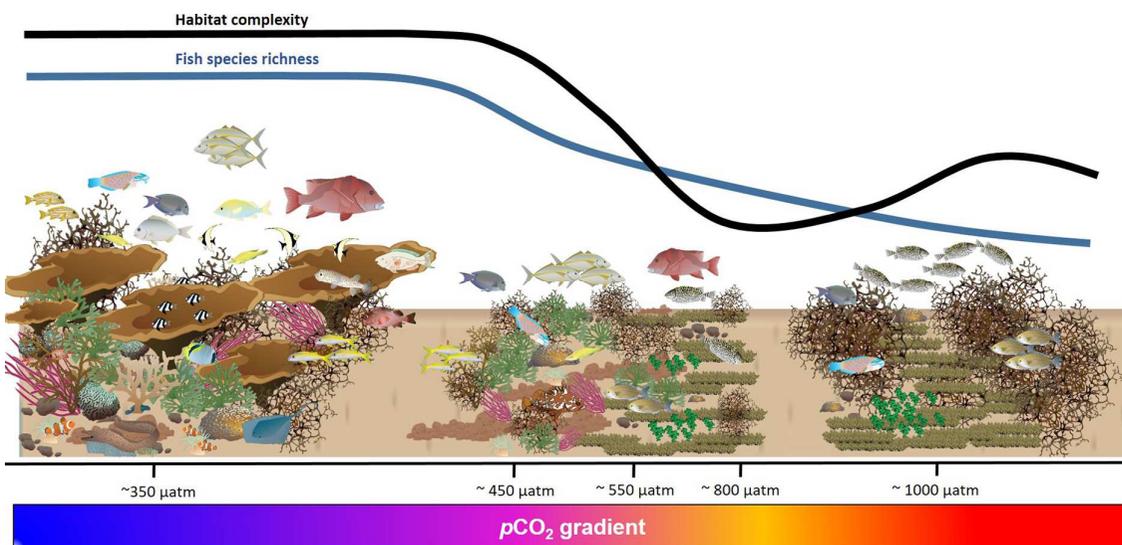
2050



14-24% shrink in body weight

EFFETTI SULLE COMUNITA'

Perdita degli habitat e variazioni nella biodiversità



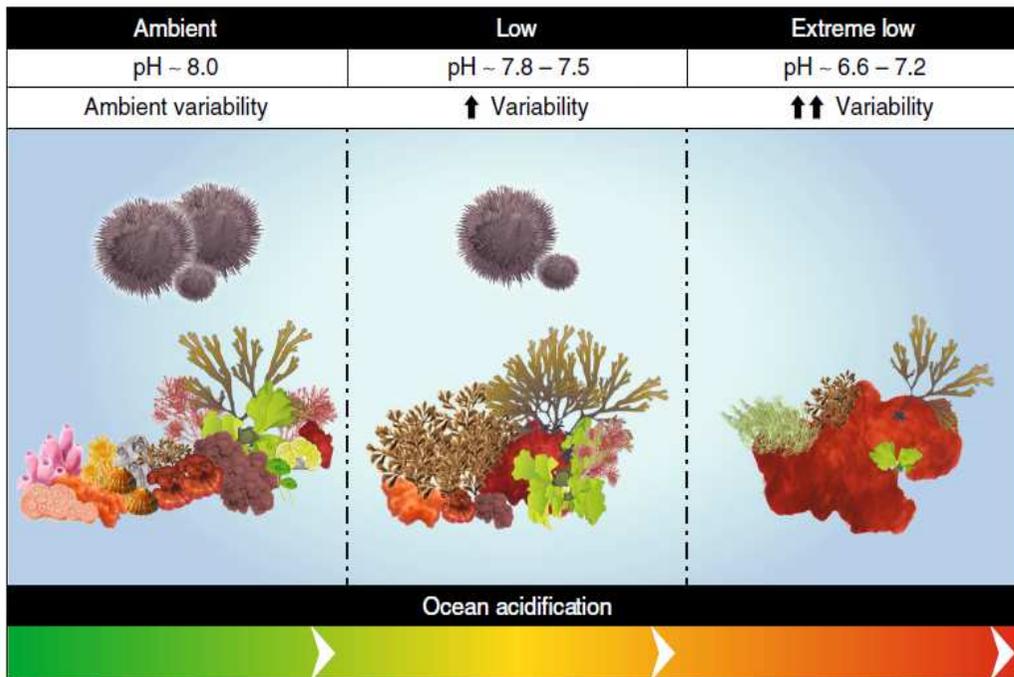
Gli organismi costruttori di habitat, sia calcarei che non, subiscono effetti negativi:

- Le praterie di fanerogame possono soffrire la diretta competizione dell'invasione di specie vegetali non indigene
- Alge coralline calcaree possono trovarsi in competizione diretta con alge molli non calcaree
- Riduzione della crescita e sviluppo di barriere ad alge coralline o vermetidi come conseguenza della loro ridotta crescita
- Vulnerabilità di coralli calcarei (*Corallium rubrum*)

Potenziale vantaggio della maggiore disponibilità di CO₂ per gli organismi fotosintetizzanti

Comunità bentoniche

Effetti ecologici



Biodiversity loss (taxonomic and functional)

Teixido et al., 2018, Nature Communications, 9, 5149.

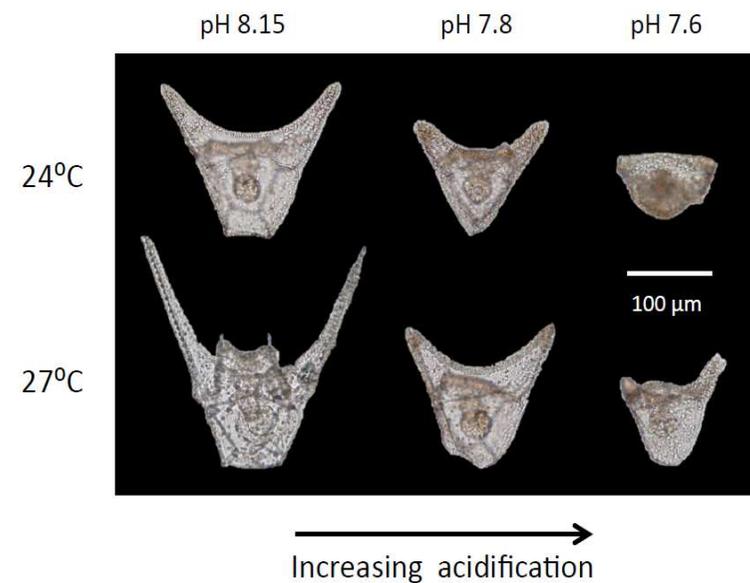


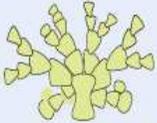
Figure 5.4. Effect of acidification on larval development (after 5 days) of the sea urchin *Tripneustes gratilla*; pH 8.15 at 24°C represents the control. For this species, a 3°C increase in temperature reduced the negative effect of pH on larval growth and calcification. Feeding effects were not involved, since early larval growth depends on food reserves from the fertilized egg. From ^[60].

Da: IUCN – An introduction to ocean acidification. 2017

Comunità bentoniche

Principali effetti

Summary of effects of acidification among selected taxonomic groups. Effects are either a mean percent increase or decrease in a given response, or as no overall positive or negative response.
After Kroeker *et al.*, 2013.

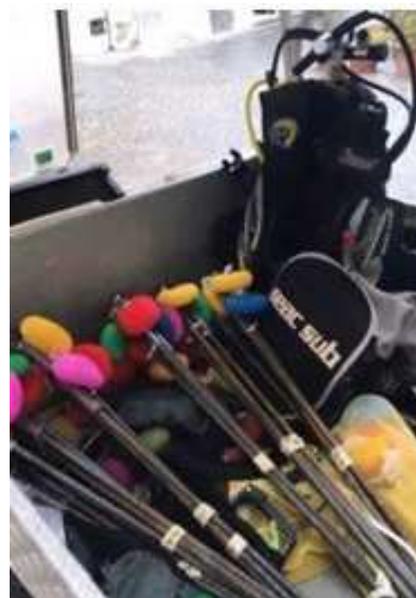
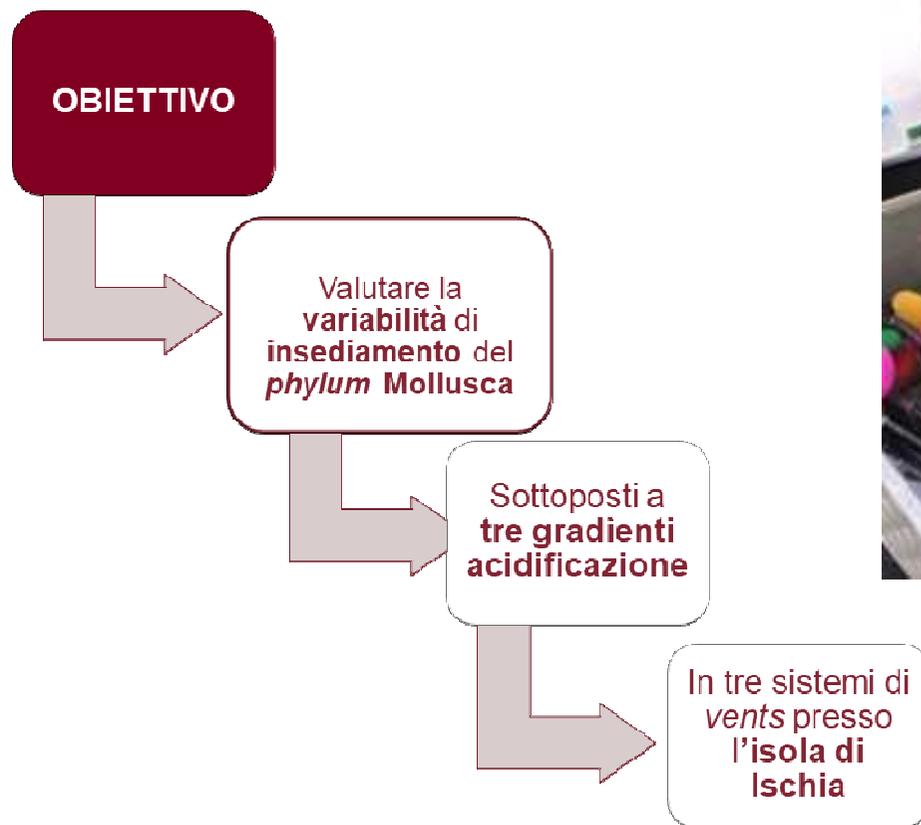
TAXA	RESPONSE	MEAN EFFECT	TAXA	RESPONSE	MEAN EFFECT
 Calcifying algae	Survival		 Crustaceans	Survival	
	Calcification			Calcification	
	Growth			Growth	
	Photosynthesis	-28%		Development	
	Abundance	-80%		Abundance	
 Corals	Survival		 Fish	Survival	
	Calcification	-32%		Calcification	
	Growth			Growth	
	Development			Development	
	Abundance	-47%		Abundance	
 Coccolithophores	Survival		 Fleshy algae	Survival	
	Calcification	-23%		Calcification	
	Growth			Growth	+22%
	Photosynthesis			Photosynthesis	
	Abundance			Abundance	
 Mollusos	Survival	-34%	 Seagrasses	Survival	
	Calcification	-40%		Calcification	
	Growth	-17%		Growth	
	Development	-25%		Photosynthesis	
	Abundance			Abundance	
 Echinoderms	Survival		 Diatoms	Survival	
	Calcification			Calcification	
	Growth	-10%		Growth	+17%
	Development	-11%		Photosynthesis	+12%
	Abundance			Abundance	

- Not tested or too few studies
- Enhanced <25%
- No overall +ve or -ve response
- Reduced <25%
- Reduced >25%

Da: IUCN – An introduction to ocean acidification. 2017

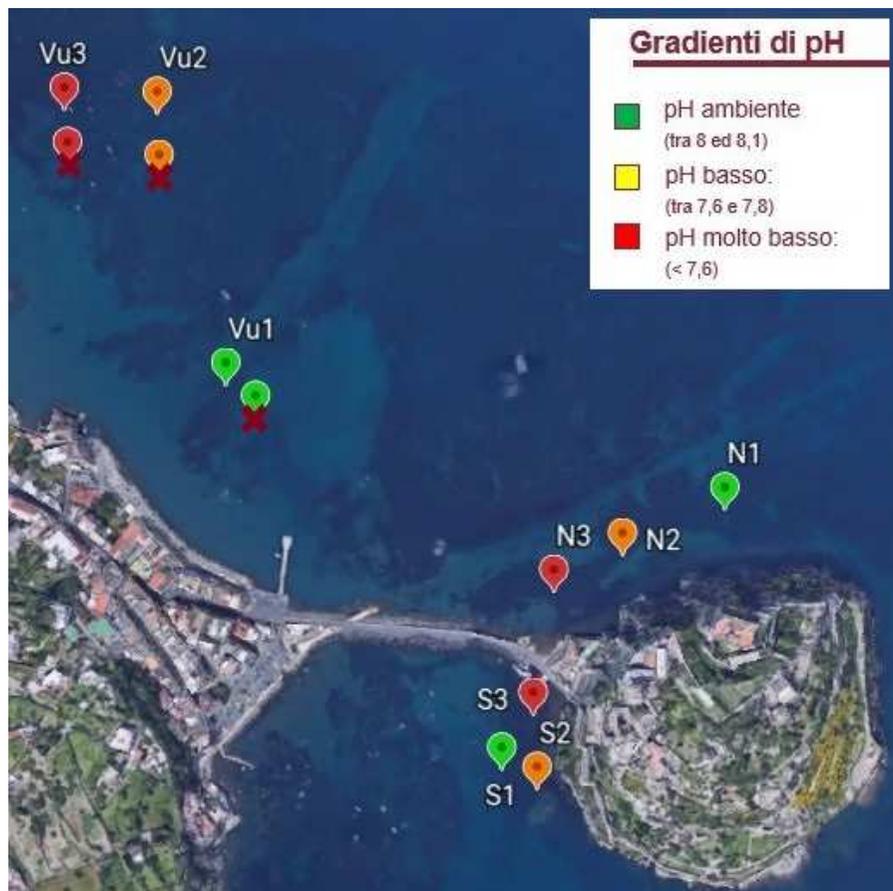
CASO STUDIO

SORGENTI IDROTERMALI DI ISCHIA



Sorgenti idrotermali marine

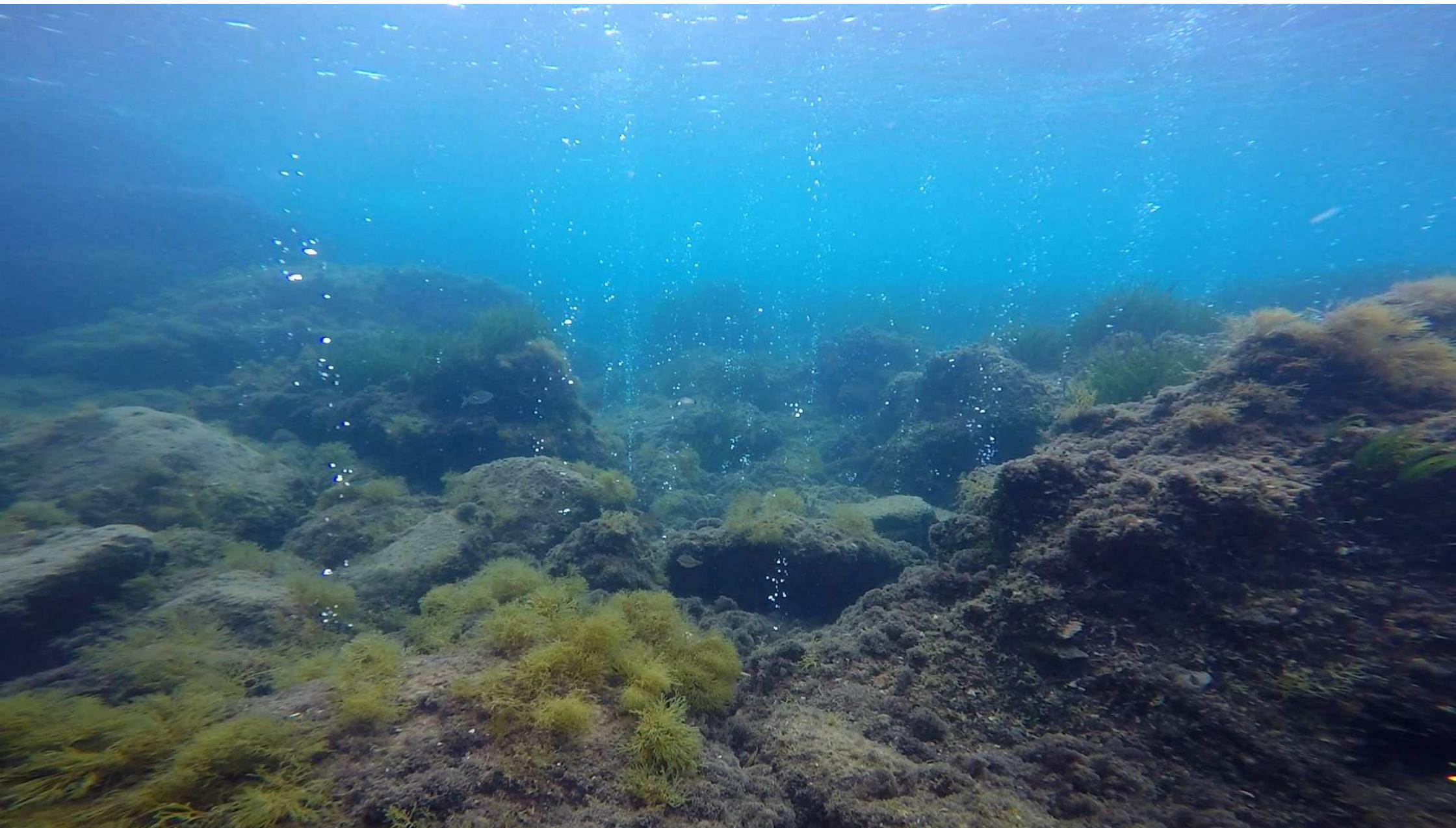
Il caso di Ischia



Le sorgenti idrotermali marine di Ischia sono aree in cui il vulcanismo pregresso si manifesta ancora oggi attraverso, emissioni sommerse di CO_2 che generano una naturale acidificazione delle acque. Queste zone rappresentano “laboratori naturali” per studiare il problema dell’adattamento di singole specie nonché di intere comunità ed ecosistemi all’acidificazione marina



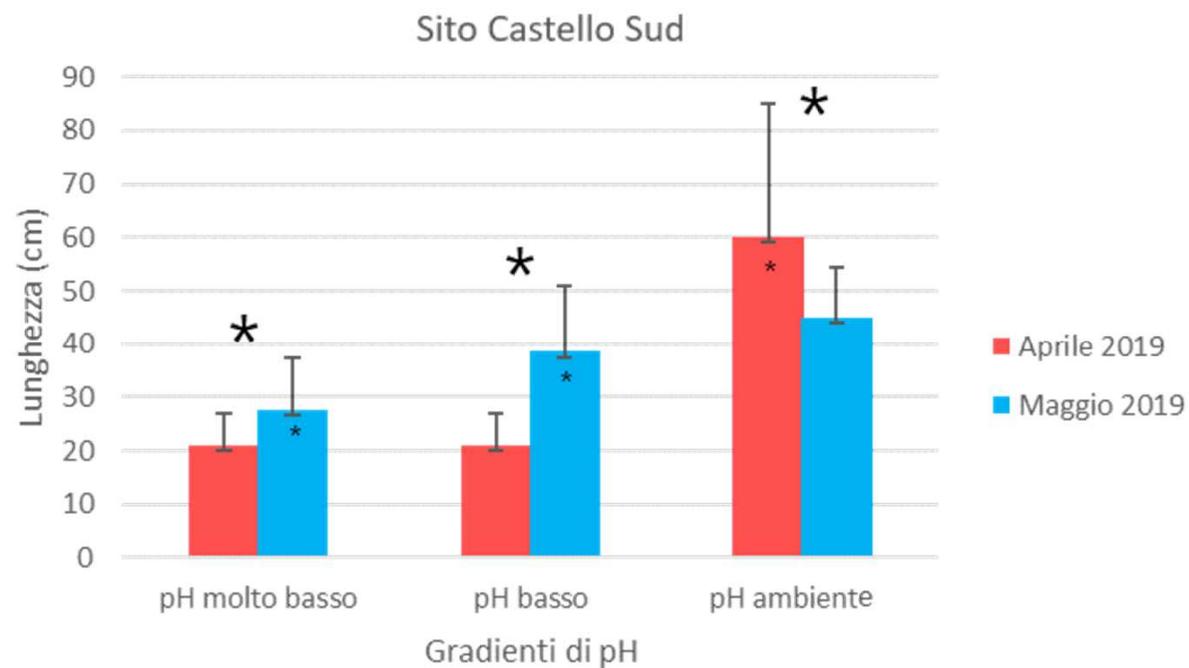
Gambi et al., 2016, Ambiente Rischio Comunicazione 11 luglio 2016.



Praterie di *Posidonia oceanica*

Risultati delle analisi fenologiche

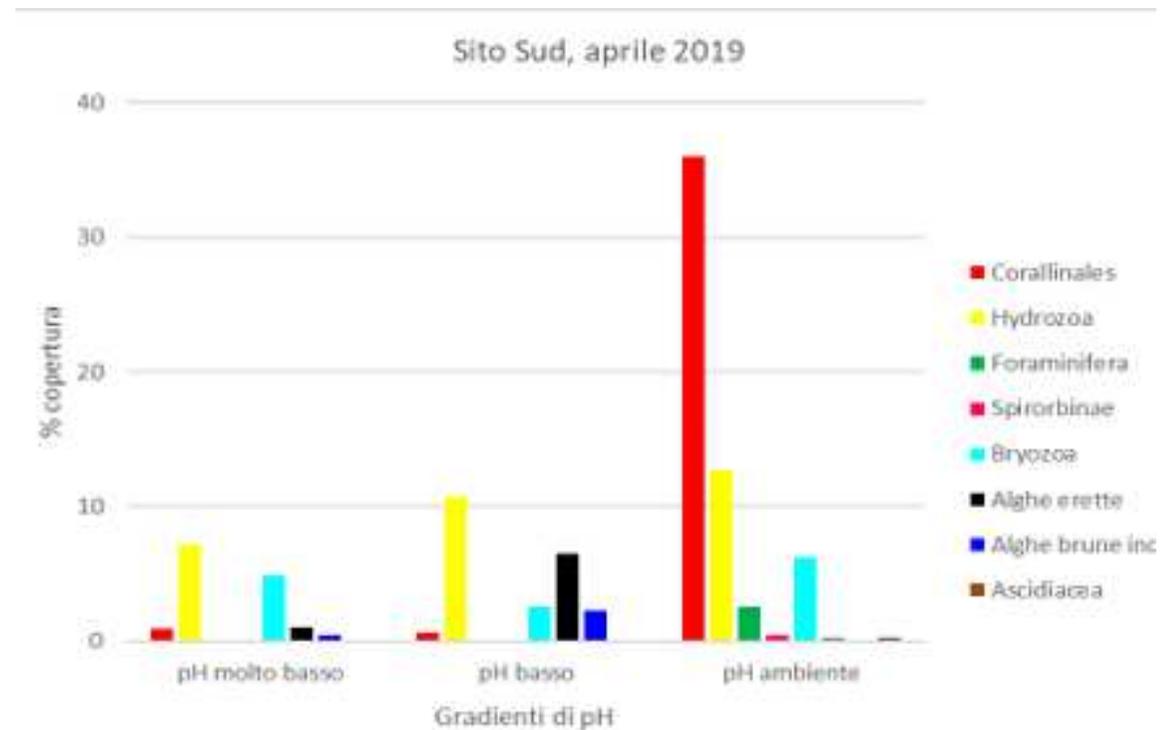
- È riscontrabile un trend di **aumento della lunghezza media fogliare** passando da stazioni acidificate a stazioni controllo.



Comunità epifita

Risultati

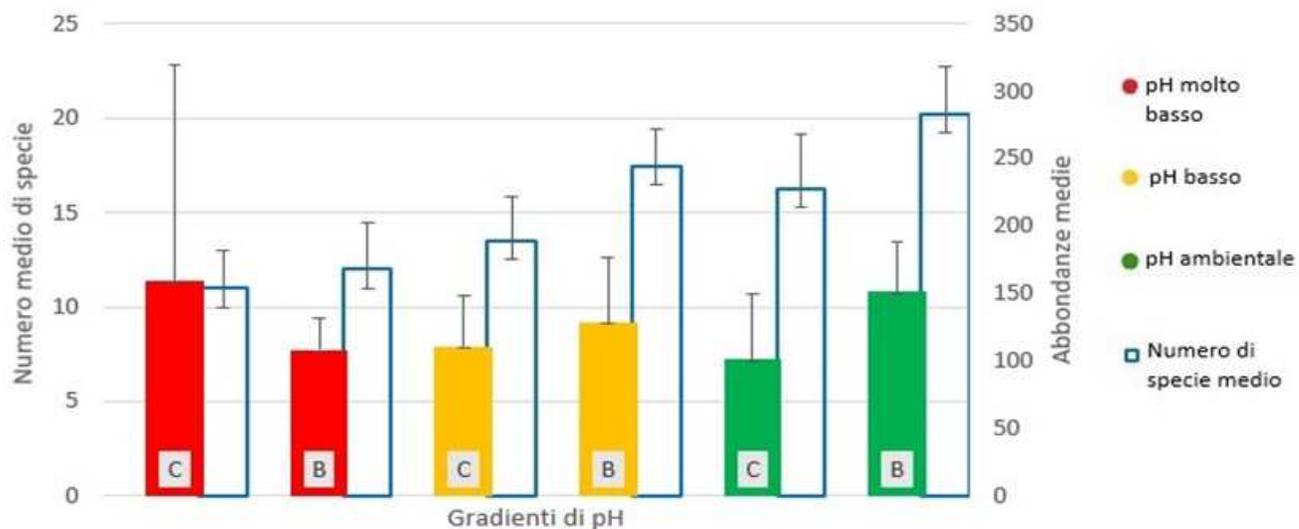
- Il popolamento a **pH ambiente** è contrassegnato dalla spiccata presenza di **organismi calcificanti**.
- Nelle stazioni a pH molto basso, **il popolamento epifita** subisce un **grave impoverimento**.



Popolamento a molluschi

Risultati

- Il **trend generale è di aumento** da stazioni a pH molto basso a stazioni a pH ambiente soprattutto per il **numero di specie**.
- La maggior parte degli individui campionati sono **stadi giovanili**.



Gastropoda: 41



Bivalvia: 15



Polyplacophora: 1

Caratterizzazione fenologica

Conclusioni

In condizioni acidificate:

- Fenologia di *P. oceanica*

- Comunità epifita



Popolamento a molluschi

Conclusioni





GRAZIE PER
L'ATTENZIONE