



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE

Corso di Laurea
Scienze biologiche

L'acidificazione oceanica potrebbe aumentare l'intensità dei fulmini
Ocean acidification may be increasing the intensity of lightning over the ocean

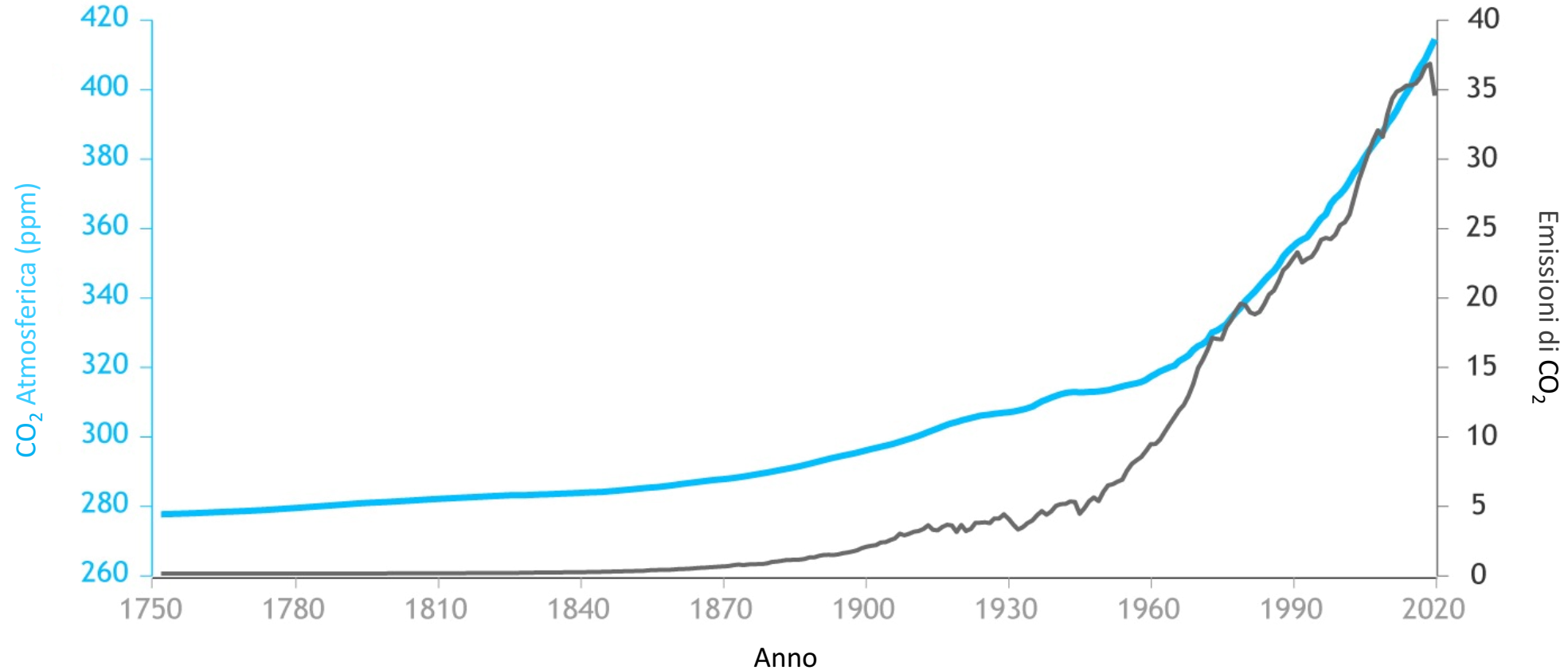
Tesi di Laurea di:
Marco Lupacchini

Docente referente Chiar.ma Prof.ssa:
Cinzia Corinaldesi

Sessione Autunnale Ottobre 2021
Anno accademico 2020/2021

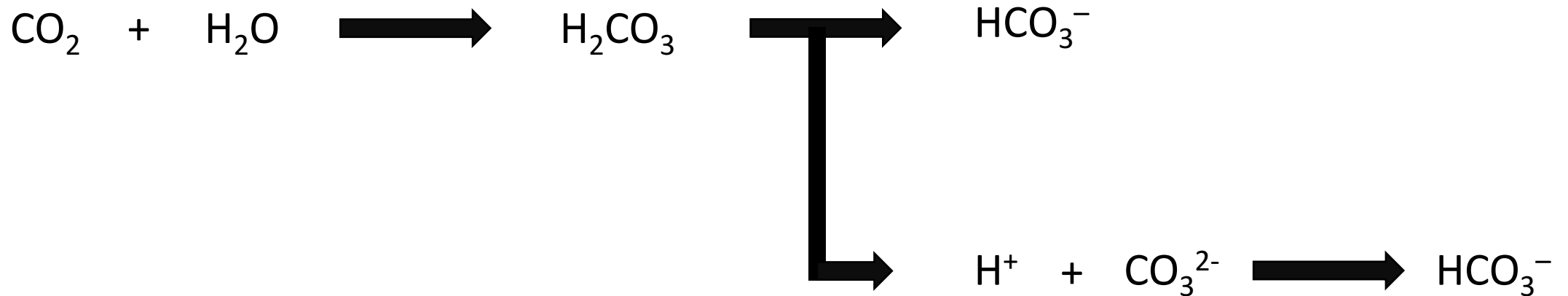
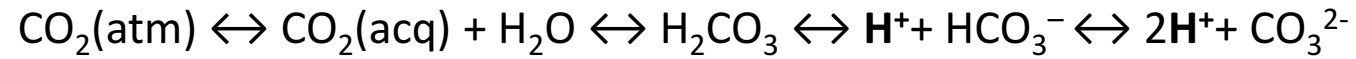
Acidificazione oceanica

L'acidificazione oceanica è un fenomeno dovuto all'assimilazione da parte delle acque oceaniche dell'anidride carbonica atmosferica di origine antropica.



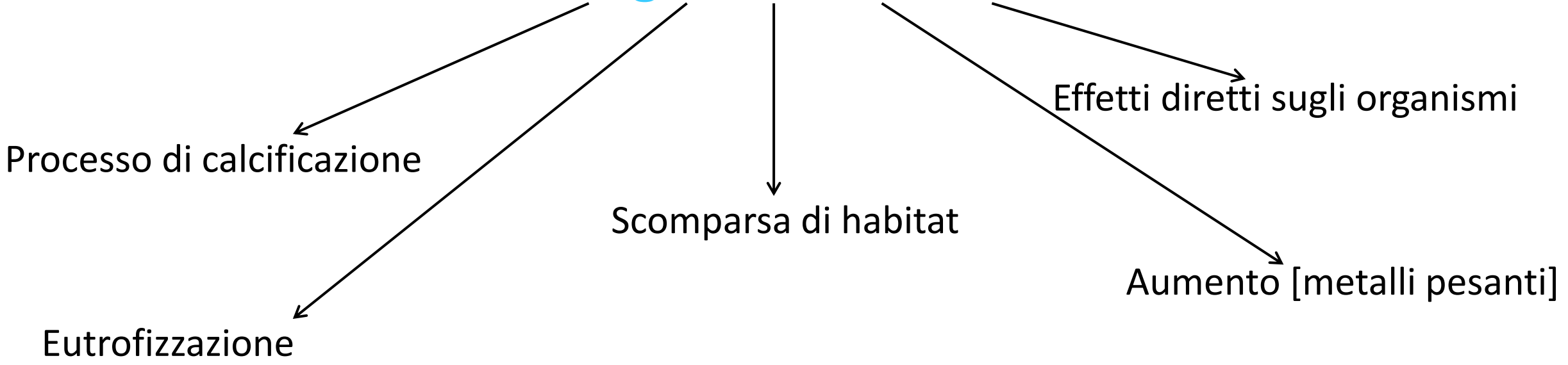
Acidificazione oceanica

La CO_2 è altamente solubile e reagendo con l'acqua va a formare acido carbonico (H_2CO_3), che si dissocia immediatamente negli ioni:



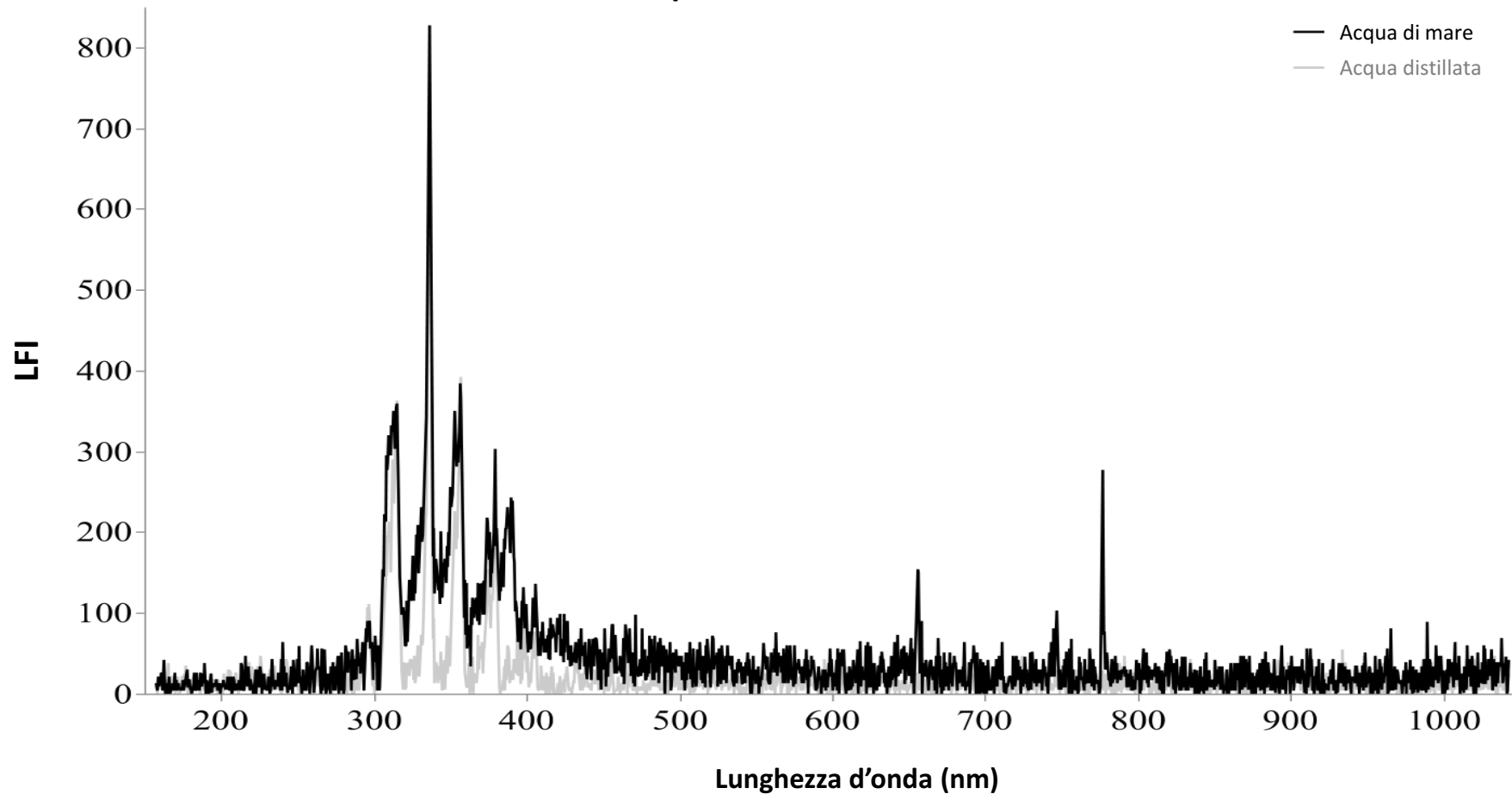
pH

Conseguenze acidificazione

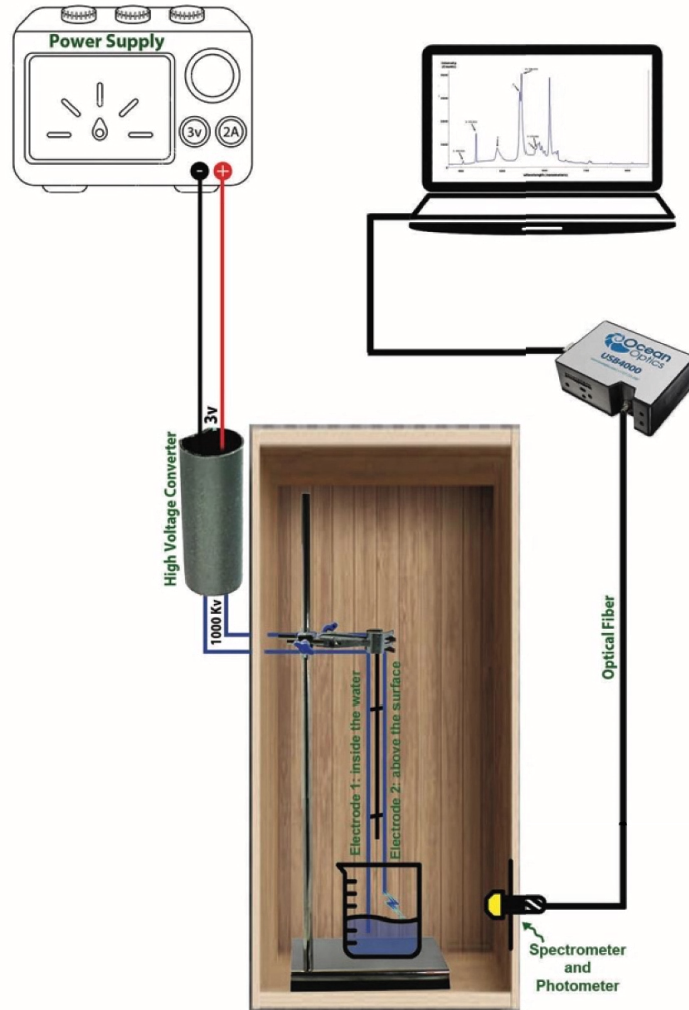


Lightning Flash Intensity (LFI)

LFI è lo spettro di emissione, misurato nel range di lunghezza d'onda di 150-1050nm, dei gas ionizzati da una corrente elettrica ad elevata differenza di potenziale



Correlazione LFI e pH



Un alimentatore genera corrente a basso voltaggio, che viene convertita in corrente ad alto voltaggio.

Il circuito è poi collegato a due elettrodi:

- Catodo sopra la superficie dell'acqua
- Anodo sotto la superficie dell'acqua

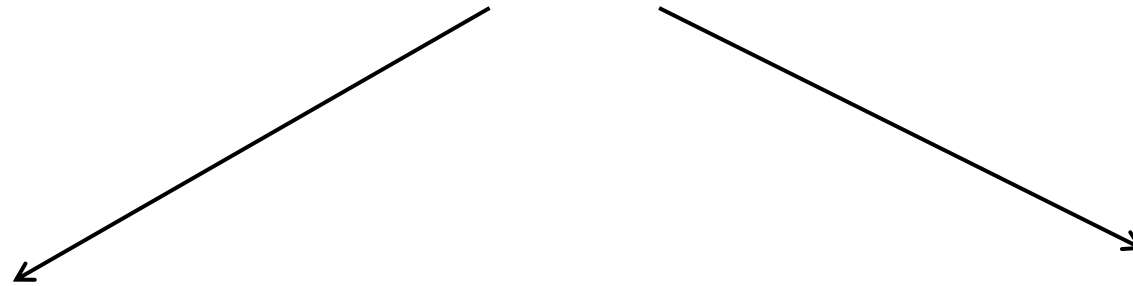
Quando l'alimentatore viene attivato, viene generata una scarica elettrica tra i due elettrodi, che simula un fulmine in mare.

Lo spettro di emissione è poi misurato da uno spettrometro a fibra ottica.

Correlazione LFI e pH

Lo scopo dell'esperimento è quello di dimostrare se effettivamente esiste una correlazione tra la variazione di pH e dell'LFI.

La dimostrazione è stata eseguita su due campioni:

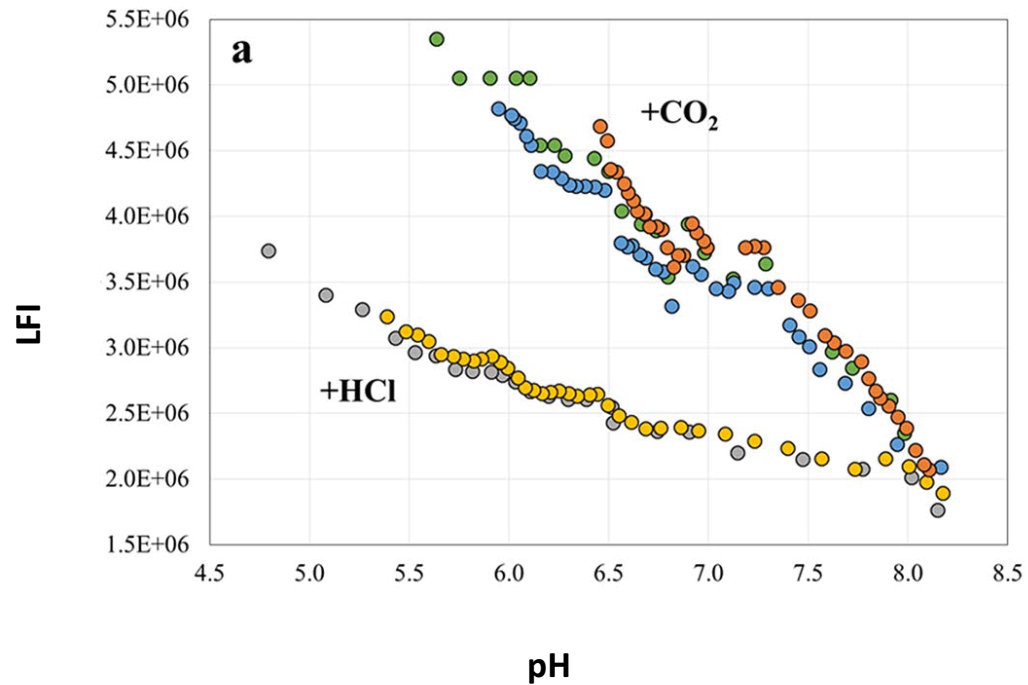


Aggiunte incrementalmente 25-50 μL di acido forte ($\sim 10\%$ HCl) che porta il pH ad un range di 4.8-8.2

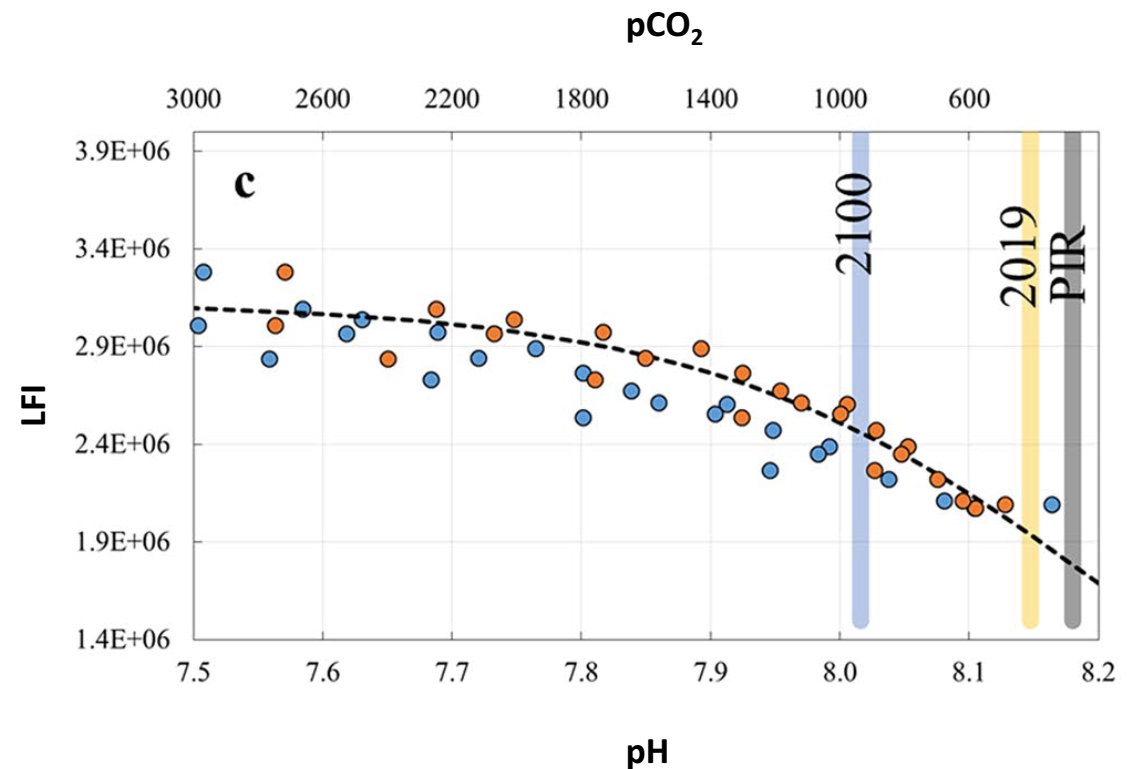
Aggiunte di $[\text{CO}_2]$ in più step di 2s, che induce la formazione di $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$, che abbassa il pH della soluzione a un range 4.6-8.2

Correlazione LFI e pH

Correlazione tra LFI e i valori di pH
ad una T° costante di 25C



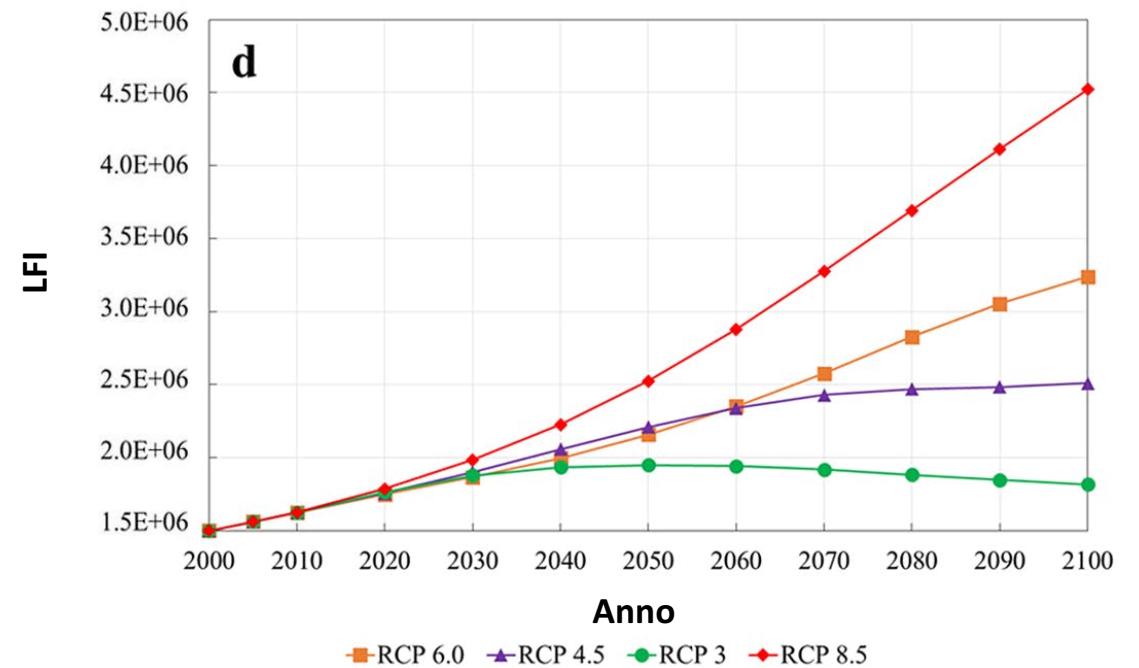
Aumento dei valori di LFI in relazione
all'aumento della pCO₂ e della
diminuzione del pH dai loro livelli
preindustriali (PIR)



Risultati e Conclusioni

Secondo il modello formulato, LFI aumenterà di circa $30 \pm 7\%$ tra gli anni 2000 e 2100 nello scenario peggiore in cui la pCO_2 atmosferica continuerà ad aumentare fino al 2100 (RCP 8.5 e 6.0).

Mentre negli scenari di emissione di stabilizzazione e diminuzione delle tendenze (RCP 4.5 e 3.0) LFI aumenterà fino a $3 \pm 1 - 10 \pm 2\%$ al di sopra dell'intensità del 2000 entro la fine del secolo.



Riassunto esteso

L'acidificazione degli oceani è il fenomeno che include la diminuzione del pH oceanico e l'alterazione della chimica dei carbonati in seguito all'addizione di CO_2 alle acque marine.

La CO_2 oltre ad incrementare l'effetto serra aumentando la sua concentrazione atmosferica, è un gas altamente solubile, e si stima infatti che circa $\frac{1}{4}$ di quella emessa finisca nei grandi bacini oceanici. Si tratta infatti di 26 milioni di tonnellate assorbite ogni giorno.

Questo gas, quando reagisce con l'acqua va a formare acido carbonico (H_2CO_3), che si dissocia velocemente negli ioni carbonato (CO_3^{2-}) e bicarbonato (HCO_3^-). È proprio così, che dalla Rivoluzione industriale ad oggi, il pH delle acque marine è diminuito da 8.2 a 8.1 unità (incremento di acidità del 30%).

In alcuni studi recenti gli scienziati hanno soffermato l'attenzione sulla correlazione tra diminuzione del pH e l'aumento dell'intensità dei fulmini.

I risultati dei loro esperimenti hanno dimostrato che LFI ("lightning flash intensity") aumenta linearmente con la decrescita del pH delle acque marine. Infatti l'aumento della $[\text{CO}_2]$ assorbita dagli oceani porta ad un aumento nella $[\text{H}^+]$ con conseguente aumento nella di ione bicarbonato e acido carbonico (per tamponare la soluzione) e alla diminuzione di carbonato (usato nel processo di calcificazione di molti animali).

Questo spostamento nella speciazioni degli ioni e l'abbassamento del pH hanno incrementato la conduttività delle acque marine e di conseguenza portano alla formazione di fulmini con maggiore intensità di corrente (con picchi anche di alcune centinaia di kA).

Secondo i modelli formulati in laboratorio, se la pressione parziale di CO_2 atmosferica continuerà a salire nei prossimi anni, si verificherà un aumento della LFI di circa il $30 \pm 7\%$ fino al 2100.

Referenze

- Price, C. & Rind, D. Modeling global lightning distributions in a general circulation model. *Mon. Weather Rev.* 122(8), 1930–1939. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1994\)122%3c1930:MGLDIA%3e2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1994)122%3c1930:MGLDIA%3e2.0.CO;2) (1994).
- Finney, D. L., Doherty, R. M., Wild, O., Young, P. J. & Butler, A. Response of lightning NO_x emissions and ozone production to climate change: insights from the Atmospheric Chemistry and Climate Model Intercomparison Project. *Geophys. Res. Lett.* 43(10), 5492–5500. <https://doi.org/10.1002/2016GL068825> (2016).
- Mareev, E. A. & Volodin, E. M. Variation of the global electric circuit and ionospheric potential in a general circulation model. *Geophys. Res. Lett.* 41(24), 9009–9016. <https://doi.org/10.1002/2014GL062352> (2014).
- Romps, D. M., Seeley, J. T., Vollaro, D. & Molinari, J. Projected increase in lightning strikes in the United States due to global warming. *Science* 346(6211), 851–854. <https://doi.org/10.1126/science.1259100> (2014).
- 1 Williams, E. R. *Lightning and Climate Change in Lightning Interaction with Power Systems Vol. 1* (ed. A. Piantini) Institution of Engineering and Technology, London (2020).
- Finney, D. L. et al. A projected decrease in lightning under climate change. *Nat. Clim. Change* 8(3), 210–213. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0072-6> (2018).
- Asfur, M., Price, C., Silverman, J. & Wishkerman, A. Why is lightning more intense over the oceans?. *J. Atmos. Sol. Terr. Phys.* 220, 105259. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2020.105259> (2020).
- Liu, G. et al. Using Saha-Boltzmann plot to diagnose lightning return stroke channel temperature. *J. Geophys. Res. Atmos.* 124(8), 4689–4698. <https://doi.org/10.1029/2018JD028620> (2019).
- Wang, X., Yuan, P., Cen, J. & Xue, S. Correlation between the spectral features and electric field changes for natural lightning return stroke followed by continuing current with M-components. *J. Geophys. Res. Atmos.* 121(14), 8615–8624. <https://doi.org/10.1002/2016JD025314> (2016).
- Wang, Y., DeSilva, A. W., Goldenbaum, G. C. & Dickerson, R. R. Nitric oxide production by simulated lightning: dependence on current, energy, and pressure. *J. Geophys. Res. Atmos.* 103(D15), 19149–19159. <https://doi.org/10.1029/98JD01356> (1998).
- Byrne, R. H. Inorganic speciation of dissolved elements in seawater: the influence of pH on concentration ratios. *Geochem. Trans.* 3(1), 11. <https://doi.org/10.1039/B109732F> (2002)
- Droghei, R., Buongiorno Nardelli, B. & Santoleri, R. A new global sea surface salinity and density dataset from multivariate observations (1993–2016). *Front. Mar. Sci.* 5, 84. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00084> (2018).
- Dauphinee, T. M. & Klein, H. P. The effect of temperature on the electrical conductivity of seawater. *Deep Sea Res.* 24(10), 891–902. [https://doi.org/10.1016/0146-6291\(77\)90558-6](https://doi.org/10.1016/0146-6291(77)90558-6) (1977)