# Estimación de carbono antropogénico en el océano mediante el método de retrocálculo $\phi C_{T}^{\text{O}}$

Marcos Fontela, 2019

\*Materiales en:

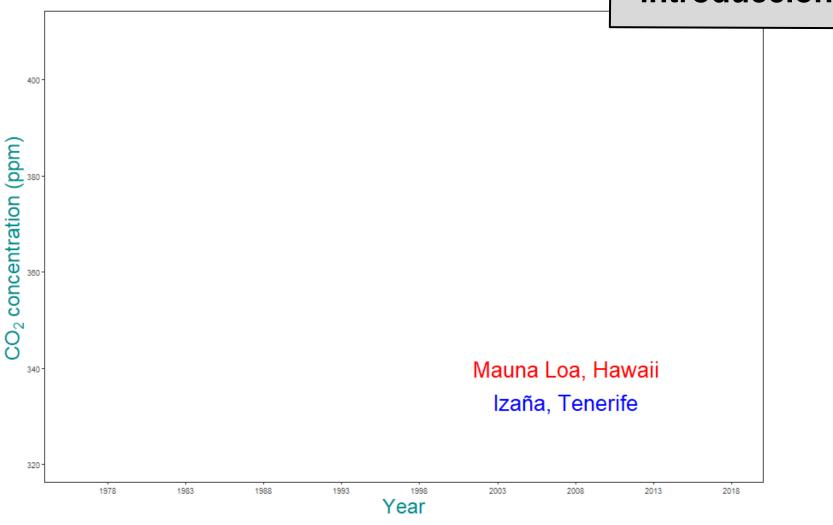
<u> https://github.com/mfontela/CO2AC</u>

#### Ìndice

#### Introducción

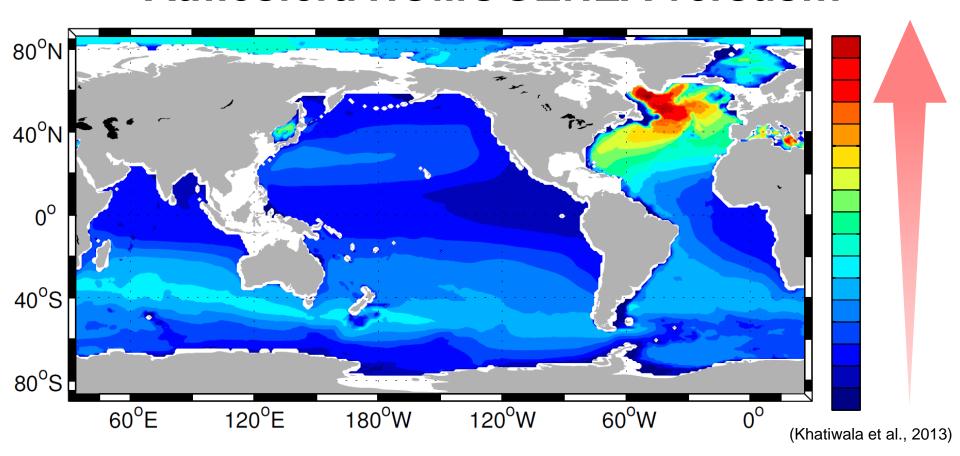
- Problemática
- Métodos: retrocálculo vs trazadores inertes
- φC<sub>T</sub>°:
  - Capa de referencia subsuperficial
  - Ecuaciones
- Ejemplo de caso práctico:
  - Pérez, F. F. et al. (2018), Meridional overturning circulation conveys fast acidification to the deep Atlantic Ocean, *Nature*, *554*(7693), doi:10.1038/nature25493.







# Atmósfera HOMOGÉNEA versus...



# ¡Océano HETEROGÉNEO!

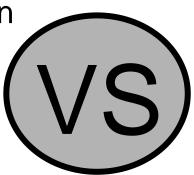
### **Introducción**

- Problemas/complejidades:
  - Hay que detectar una pequeña perturbación en un pool de carbono disuelto mucho mayor.
  - El carbono participa en los procesos biogeoquímicos.
  - Y además, la distribución de carbon antropogénico en el océano es muy heterogénea.

#### **Introducción**

En la actualidad hay dos aproximaciones metodologícas principales:

- basados en trazadores inertes:
  - > TTD: transient tracer distribution (Khatiwala et al., 2009)
  - ➤ GF: Green function



- Métodos de retro-cálculo:
  - deltaC\* (Gruber et al. 1996)
  - > TrOCA (Touratier & Goyet, 2004).
  - > φC<sub>T</sub>° (Vázquez-Rodriguez et al., 2009)

#### Ìntroducción

- Métodos de retro-cálculo:
  - ➤ deltaC\* (Gruber et al. 1996)
  - ➤ TrOCA (Touratier & Goyet, 2004).
  - > φC<sub>T</sub>° (Vázquez-Rodriguez et al., 2009)

#### Características generales:

- ✓ el C<sub>ant</sub> es la diferencia entre la cantidad total de carbono preformado en un punto determinado del espacio y tiempo y la concentración que podría medirse en ese mismo punto en épocas preindustriales.
- ✓ se basan en estimar los cambios en el C, preformado.
- ✓ la cantidad de C<sub>ant</sub> puede aislarse de las medidas de C<sub>t</sub> si eliminas la contribución de las bomba biológica y física.

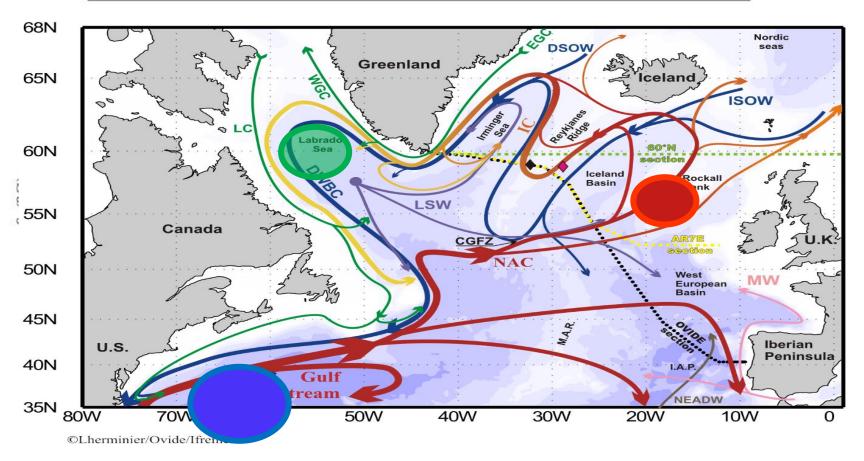
Métodos de retro-cálculo:

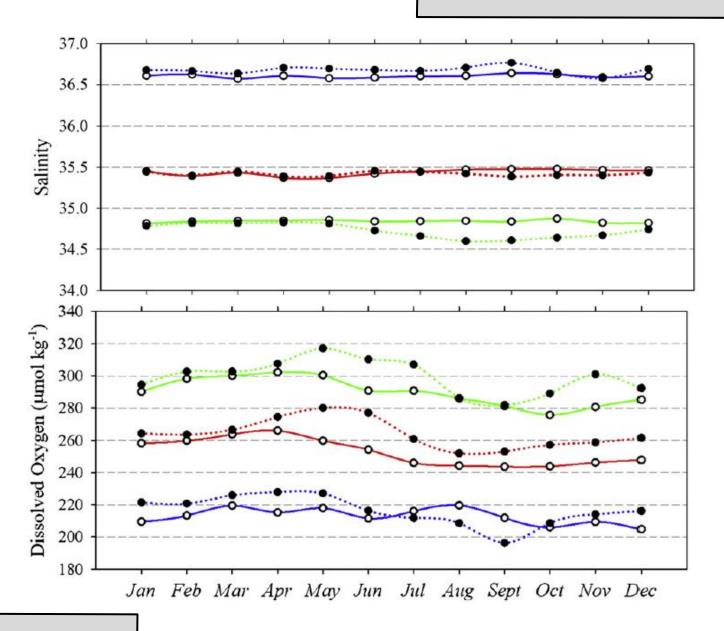
# > φC<sub>T</sub>° (Vázquez-Rodriguez et al., 2009)

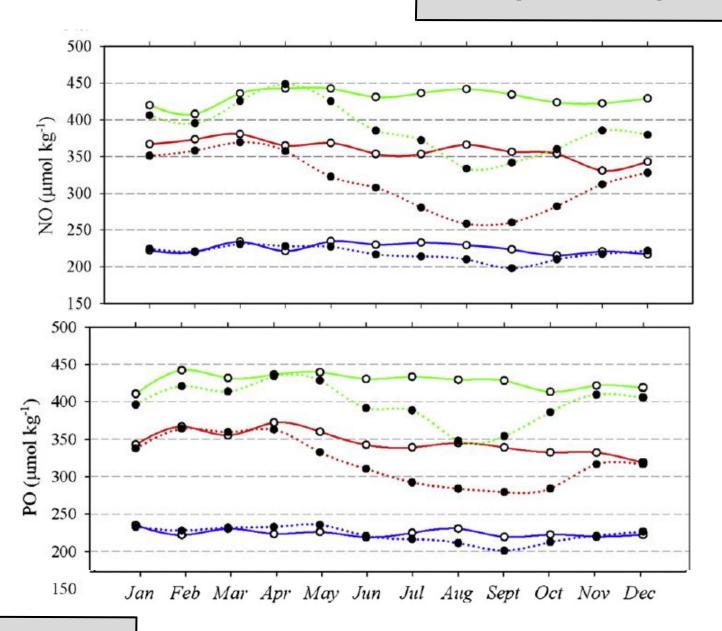
#### Características:

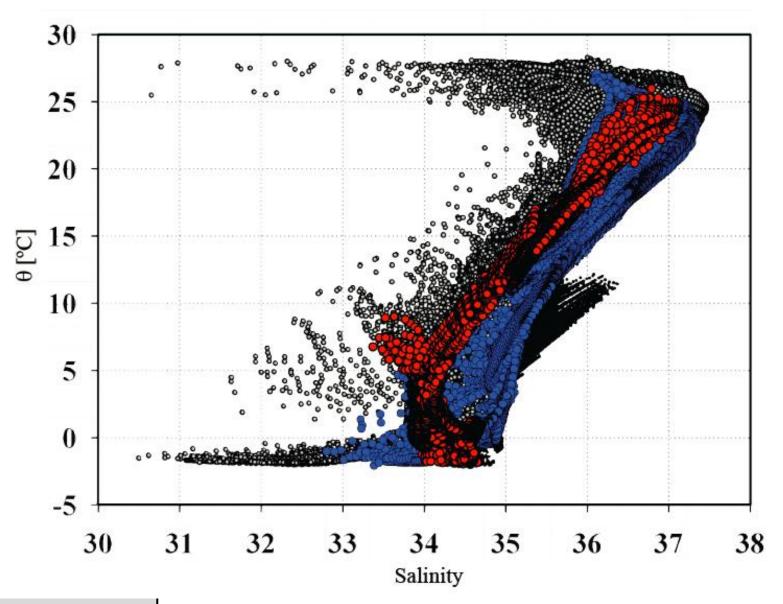
- ✓ la señal antrópica es la diferencia entre la concentración de carbono que tuvo la masa de agua en el momento de su formación y la que tendría en épocas preindustriales.
- ✓ Tiene en cuenta los cambios de concentración debidos a la remineralización de la materia orgánica y la disolución del CaCO<sub>3</sub>
- ✓ Usa como capa de referencia la capa subsuperficial

— Sargasso Sea — Rockall Plateau — Labrador Sea — Subsurface layer (100-200 m) — Surface layer (0-20 m)









### comparativas

- Diferencias deltaC\* vs φC<sub>T</sub>°:
  - Propiedades subsuperficiales (φC<sub>T</sub>° usa datos subsuperficiales evitando problemas de estacionaldiad)
  - Tratamiento de Alkalinidad total y de disequilibrio de carbono: se tienen que asumir constantes en deltaC\* mientras que el método φC<sub>T</sub>° considera la variabilidad temporal de esos términos.
  - deltaC\* necesita asumir que no existe Cant en las aguas que no tienen CFC's (aguas de fondo, p.ej.)

# Fortalezas φC<sub>T</sub><sup>o</sup>

- Caracteriza bien las condiciones preformadas
- No necesita datos de CFC's
- Evita asunciones de saturación total en el momento de la formación de la masa de agua
- Lleva incluidas correcciones debidas al aumento de la temperatura y la acidificación oceánica
- No necesita definir una referencia de "cero" Cant
- Tiene como base fundamentos biogeoquímicos y oceanográficos.

# ...debilidades $\phi C_T^o$

- No es global, es sólo para el Atlántico.
- Los cálculos del deltaCdis se basan en algunas regresiones lineares múltiples (MLR) que son potencialmente mejorables.
- Depende, en parte, de un OMP.
- Considera ratios estequiométricos fijos y homogéneos.

#### ecuaciones

$$C_{ant} = C_t^{ot} - C_t^{o preindustrial}$$

$$C_t^{ot} = C_t - AOU/Rc-0.5[PA_t-PA_t^{o}]$$

$$C_t^{ot} = C_t - AOU/Rc - \Delta Ca$$

$$C_{t}$$
 o preindustrial =  $C_{t(eq)}$  preindustrial -  $\Delta C_{dis}$  preindustrial

#### ecuaciones

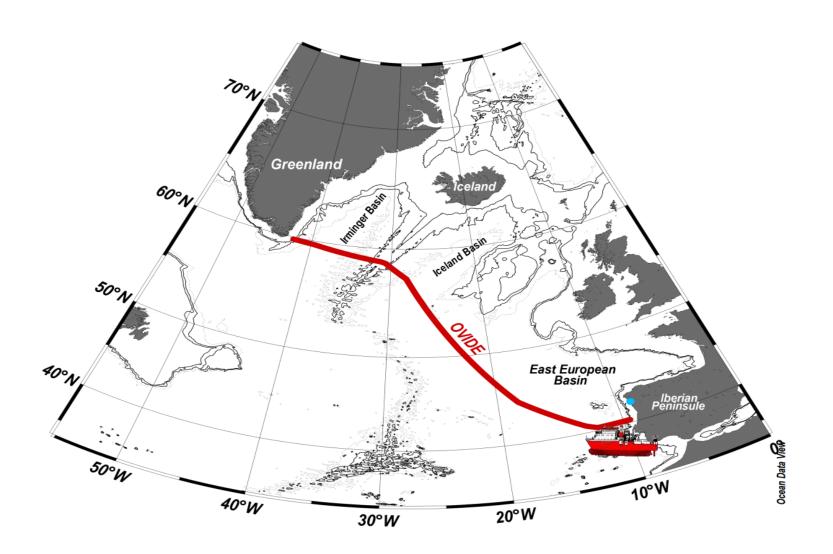
$$C_{ant} = C_t - AOU/Rc - \Delta Ca - C_{t(eq)}^{preindustrial} - \Delta C_{dis}^{preindustrial}$$

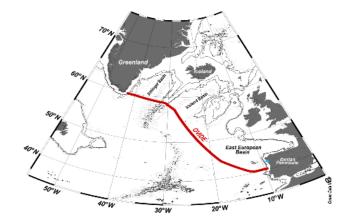
$$C_{ant} = \Delta C^* - \Delta C_{dis}^{preindustrial}$$

$$\Delta C_{\text{dis}}^{\text{preindustrial}} = \Delta C_{\text{dis}}^{t} - \Delta \Delta C_{\text{dis}} = \Delta C_{\text{dis}}^{t} + \phi \left( C_{\text{ant}}^{t} / C_{\text{ant}}^{\text{sat}} \right) \left| \Delta C_{\text{dis}}^{t} \right|$$

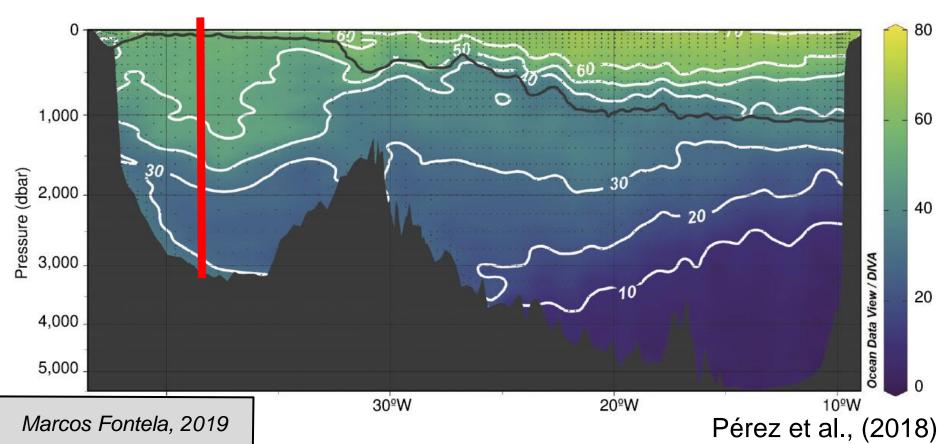
#### ecuaciones

$$C_{ant} = \frac{\Delta C^* - \Delta C_{dis}^t}{1 + \phi |\Delta C_{dis}^t| / C_{ant}^{sat}}$$

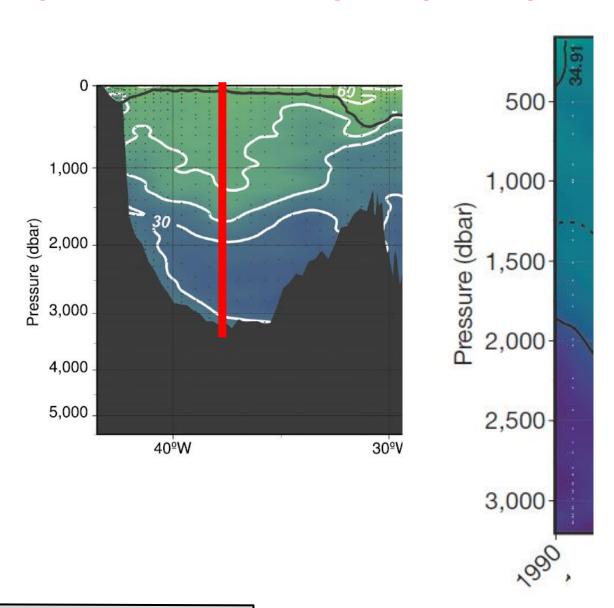


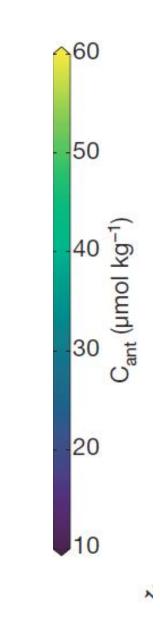


#### **CENTRAL IRMINGER STATION**

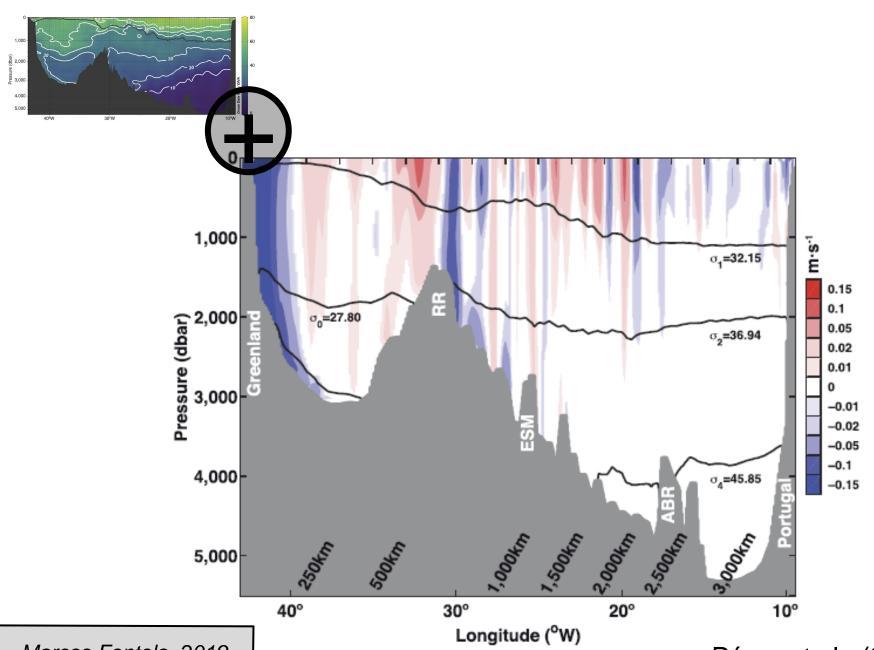


#### **CENTRAL IRMINGER STATION**



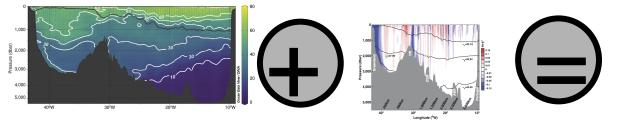


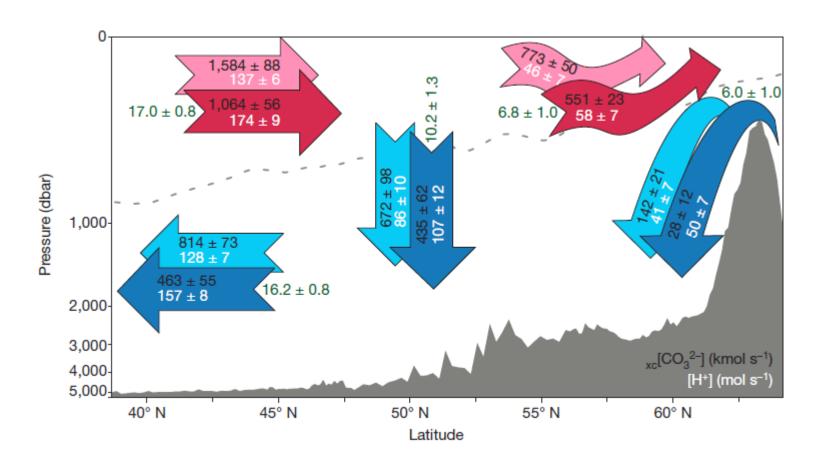
Year Pérez et al., (2018)



Marcos Fontela, 2019

Pérez et al., (2018)





Marcos Fontela, 2019

Pérez et al., (2018)

#### Más info en:

- Vázquez-Rodríguez, M., F. Touratier, C. Lo Monaco, D. W. Waugh, X. a. Padin, R. G. J. Bellerby, C. Goyet, N. Metzl, a. F. Ríos, and F. F. Pérez (2008), Anthropogenic carbon distributions in the Atlantic Ocean: data-based estimates from the Arctic to the Antarctic, *Biogeosciences Discuss.*, 5(2), 1421–1443, doi:10.5194/bgd-5-1421-2008.
- Pérez, F. F., M. Vázquez-Rodríguez, H. Mercier, A. Velo, P. Lherminier, and A. F. Ríos (2010), Trends of anthropogenic CO2 storage in North Atlantic water masses, *Biogeosciences*, 7(5), 1789–1807, doi:10.5194/bg-7-1789-2010.
- Pérez, F. F., H. Mercier, M. Vázquez-Rodríguez, P. Lherminier, A. Velo, P. C. Pardo, G. Rosón, and A. F. Ríos (2013), Atlantic Ocean CO2 uptake reduced by weakening of the meridional overturning circulation, *Nat. Geosci.*, 6(2), 146–152, doi:10.1038/ngeo1680.
- Vázquez-Rodríguez, M., X. a. Padin, a. F. Ríos, R. G. J. Bellerby, and F. F. Pérez (2009), An upgraded carbon-based method to estimate the anthropogenic fraction of dissolved CO<sub>2</sub> in the Atlantic Ocean, *Biogeosciences Discuss.*, 6(2), 4527–4571, doi:10.5194/bgd-6-4527-2009.
- Fajar, N. M., P. C. Pardo, L. Carracedo, M. Vázquez-Rodríguez, A. F. Ríos, and F. F. Pérez (2012), Trends of anthropogenic CO<sup>2</sup> along 20 °W in the Iberian Basin | Tendencias del CO<sup>2</sup> antropogénico a lo largo de 20 °W en la Cuenca Ibérica, *Ciencias Mar.*, 38(1 B), 287–306.

#### Más info en:

- Pérez, F. F., M. Vázquez-Rodríguez, H. Mercier, A. Velo, P. Lherminier, and A. F. Ríos (2010), Trends of anthropogenic CO2 storage in North Atlantic water masses, *Biogeosciences*, 7(5), 1789–1807, doi:10.5194/bg-7-1789-2010.
- Vázquez-Rodríguez, M., F. F. Pérez, A. Velo, A. F. Ríos, and H. Mercier (2012), Observed acidification trends in North Atlantic water masses, *Biogeosciences*, 9(12), 5217–5230, doi:10.5194/bg-9-5217-2012.
- Pérez, F. F., M. Vázquez-Rodríguez, E. Louarn, X. A. Padín, H. Mercier, and A. F. Ríos (2008), Temporal variability of the anthropogenic CO2 storage in the Irminger Sea, *Biogeosciences*, *5*(6), 1669–1679, doi:10.5194/bg-5-1669-2008.
- Pérez, F. F., M. Vázquez-Rodríguez, E. Louarn, X. A. Padín, H. Mercier, and A. F. Ríos (2008), Temporal variability of the anthropogenic CO2 storage in the Irminger Sea, *Biogeosciences Discuss.*, *5*(2), 1587–1606, doi:10.5194/bgd-5-1587-2008.
- García-ibáñez, M. I., P. Zunino, F. Fröb, L. I. Carracedo, A. F. Ríos, and H. Mercier (2016), Ocean acidification in the subpolar North Atlantic: rates and mechanisms controlling pH changes, , 3701–3715, doi:10.5194/bg-13-3701-2016.
- & las tesis de Marcos Vázquez-Rodríguez...

