



4.44 Variabilidad y efectos antropogénicos en el pH de tres lagunas costeras en San Diego

Lorda Julio^{1,3}; Abadía-Cardoso Alicia²; Almeida Monica³; Beas-Luna Rodrigo²; Boudreau Danielle³; Bellringer Holly³; Cordrey Michelle³; Goodrich Kristen³; McCullough Justin³ y Crooks Jeff³

¹Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Ensenada-Tijuana No. 3917, Fraccionamiento Playitas, CP 22860, Ensenada, Baja California.

²Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Ensenada-Tijuana No. 3917, Fraccionamiento Playitas, CP 22860, Ensenada, Baja California.

³Tijuana River National Estuarine Research Reserve. 301 Caspian Way, CP 91932, Imperial Beach California, USA.

Autor para correspondencia: jlorda@uabc.edu.mx

Resumen

La concentración de CO₂ atmosférico recientemente alcanzó un nuevo máximo de 410 partes por millón en los últimos 400 000 años. Uno de los efectos de las altas concentraciones de CO₂ en la atmósfera es la acidificación del océano, la cual tiene efectos negativos sobre una gran variedad de organismos marinos. Además de estos procesos atmosféricos, el pH en sistemas semicerrados como las lagunas costeras, es afectado por factores biológicos locales. En este estudio se presenta la variabilidad en el pH y su relación con la temperatura del agua en tres laguna costeras del condado de San Diego. Estas lagunas costeras a pesar de encontrarse geográficamente cerca, tienen diferentes características geomorfológicas y diferentes presiones antropogénicas. Los resultados obtenidos sugieren que los efectos del cambio climático también podrían ser diferentes en estas lagunas costeras.

Palabras clave: *Tijuana River Estuary; Los Peñasquitos Lagoon; South San Diego Bay; eutrofización; cambio climático.*

Abstract

The atmospheric CO₂ concentration recently reach a new maximum of 410 parts per million in the last 400 000 years. One of the effects of the high concentrations of atmospheric CO₂ is the acidification of the ocean, which has negative effects on many marine organisms. The pH in semi-closed systems like coastal lagoons is not solely affected by atmospheric processes but also from local biological processes. Here present the variability on pH and its relationship with the water temperature in three coastal lagoons in San Diego County. These coastal lagoons have different geo-morphological characteristics as well as different anthropogenic pressures even though they are geographically close. The results present in here suggest the effects of climate change could be different in these coastal lagoons.

Key words: *Tijuana River Estuary; Los Peñasquitos Lagoon; South San Diego Bay; eutrophication; climate change.*

Introducción

Las lagunas costeras son ecosistemas complejos donde una gran cantidad de variables físico-químicas interactúan y determinan la función de estos ecosistemas. Las lagunas costeras han sido muy importantes históricamente para los asentamiento humanos ya que brindan una gran variedad de servicios ecosistémicos, incluidos recientemente la captura y almacenamiento de carbono y sedimentos que pueden



mitigar y amortiguar algunos efectos del cambio climático (Callaway *et al.*, 2012; Chmura *et al.*, 2003; Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

La National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) tiene un sistema de 29 reservas de investigación estuarinas a lo largo de las costa este y oeste de los Estados Unidos de América. Una de las funciones de estas reservas es llevar a cabo monitoreos biológicos y fisicoquímicos. Tijuana River National Estuarine Research Reserve (TRNERR) es una de estas reservas. TRNERR se encuentra en la Bioregión del Sur de California que abarca desde Punta Concepción, en Santa Bárbara, California, hasta Bahía San Quintín, Baja California. TRNERR ha monitoreado por varios años las lagunas costeras de Los Peñasquitos (LPL), South San Diego Bay (SSDB) y el Tijuana River Estuary (TRE).

En este estudio se presenta la variabilidad y diferencias del pH en estas tres lagunas costeras. Estos datos preliminares sugieren que los efectos del incremento en la temperatura y la concentración de CO₂ en la atmósfera podrían ser diferentes en estas lagunas costeras, debido en parte a factores antropogénicos a pesar de su cercanía geográfica.

Metodología

Sitios de Muestreo

Los esteros o lagunas costeras son sistemas variables que experimentan un mayor rango de condiciones fisico-químicas que el mar abierto (Hoffman *et al.*, 2011). Esta variabilidad es parcialmente debida a la diferencias entre los sistemas incluyendo la conexión entre el mar y las lagunas costeras (Jacobs *et al.*, 2010). Se muestran datos de monitores a largo tiempo de tres lagunas costeras con diferentes niveles de apertura intermareal. South San Diego Bay (SSDB: 32°35'45.42" N, 117°7'5.46" W) con una conexión intermareal permanente, Tijuana River Estuary (TJE: 32°34'6.07" N, 117°7'52.54" W) con una conexión intermareal truncada y Los Peñasquitos Lagoon (LPL: 32°56'2.04" N, 117°15'25.05" W) con una conexión intermareal intermitente que periódicamente se abre y se cierra.

Monitoreos

Estos monitoreos fueron llevados a cabo utilizando la metodología y especificaciones del plan de monitoreo de las reservas de investigación (SWMP por sus siglas en inglés) (National Estuarine Research Reserves, 2011). Los datos son recabados cada 15-30 min con sondas YSI y EXO con múltiples sensores. Las sondas se encuentran sujetas a estructuras permanentes como muelles o postes. Los monitoreos en cada una de las lagunas empezó en diferentes años, con SSDB con 7 años de monitoreo, LPL con 12 y TRE con 16. Los análisis de datos y gráficas fueron realizados con los programas R (paquete SWMP-R) y JMP.

Resultados y Discusión

En la Figura 1 se observa la variabilidad del pH en las lagunas costeras, comparados con datos de la boya CC2 (34°19'26.4" N, 120°48'50.4" W), que es parte de la red de observación global la acidificación del océano (GOA-ON, por sus siglas en inglés). El pH en las lagunas costeras fue en promedio 0.5 más bajo y un orden de magnitud más variable que el mar abierto durante el año de 2015.

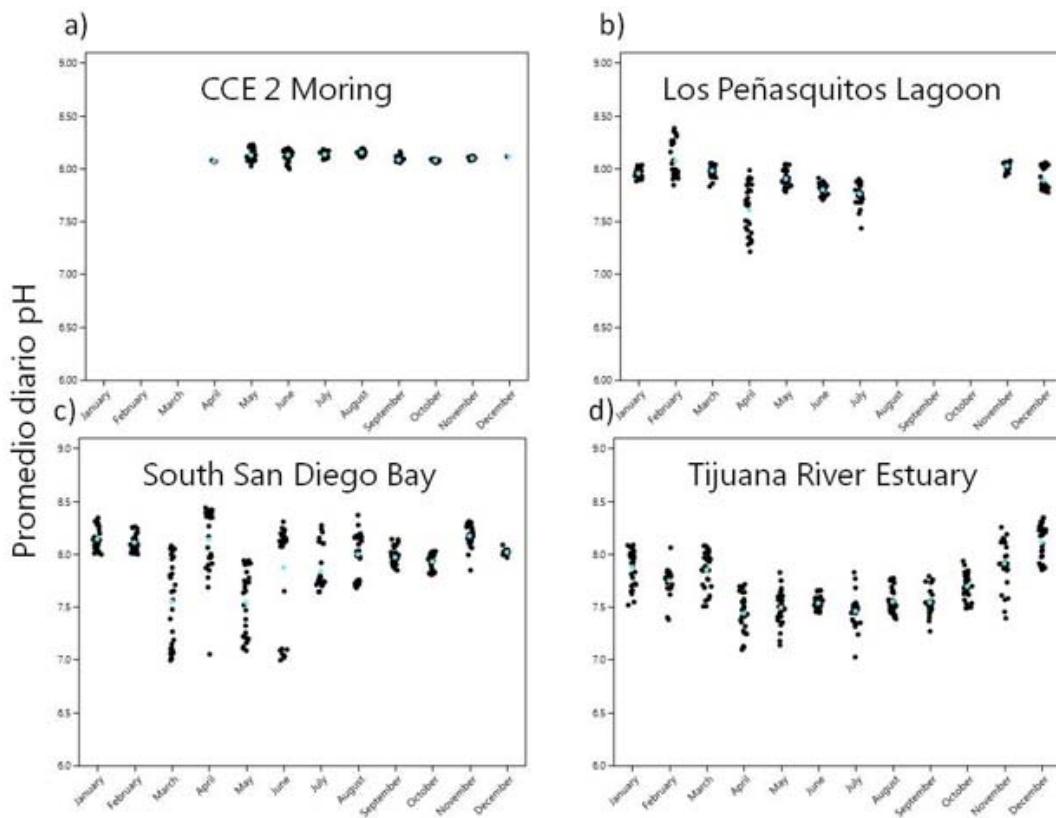


Figura 1. Promedios diarios por mes del pH durante el año de 2015 en mar abierto (a) y tres lagunas costeras (b-d) en el condado de San Diego.

También se encontró que el pH está negativamente relacionado con la temperatura en las tres lagunas costeras. En la Figura 2 se muestran las diferencias en pH entre las lagunas y su relación con la temperatura del agua ($F=66.80$, $DF=1$, $P < 0.0001$). La laguna del TRE tiene menor pH que SSDB y LPL ($F=67.65$, $DF=2$, $P < 0.0001$) y una pendiente estadísticamente más pronunciada ($F=9.54$, $DF=2$, $P < 0.0001$) (Modelo Lineal General; $F=46.21$, $DF=5$, $P < 0.0001$, $R^2=0.35$).

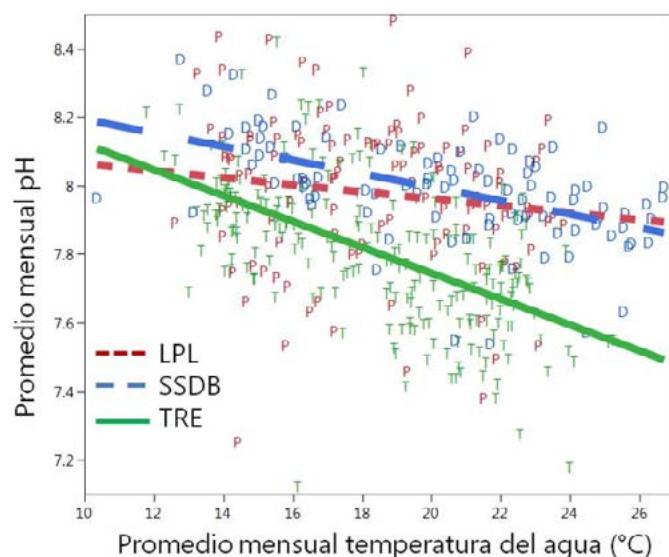


Figura 2. Relación entre los promedios mensuales del pH y temperatura del agua en tres lagunas costeras en el condado de San Diego (rojo, P, línea de trazos cortos= Los Peñasquitos Lagoon; azul, D, línea de trazos largos = South San Diego Bay; verde, T, línea continua = Tijuana River Estuary).



Conclusiones

A pesar de la cercanía geográfica de las tres lagunas costeras, hay una considerable diferencia en las condiciones fisico-químicas del agua. Estas diferencias son probablemente debidas a las actividades antropogénicas en las cuencas hidrológicas y las características propias de dichas lagunas. Por ejemplo SSDB es un cuerpo de agua somero y muchas más grande que LPL y TRE, donde el tiempo de recambio del agua es más extenso, por lo cual en promedio la temperatura es alrededor de 2 °C mayor que LPL y TRE. El pH más bajo en TRE es probablemente debido a la eutrofización del sistema por el excesivo ingreso de agua negras de la ciudad de Tijuana.

La relación entre el pH y la temperatura en estas lagunas costeras muestra la importancia que los procesos biológicos, como el metabolismo bacteriano, tienen en las condiciones locales (Kapsenberg y Hofmann, 2016).

Las diferencias en las condiciones fisico-químicas del agua en las lagunas costeras, a pesar de su cercanía geográfica, sugieren que los efectos del cambio climático, incrementos en CO₂ y temperatura (Kroeker *et al.*, 2013; Mathesius *et al.*, 2015), podrían ser diferentes. Sobre todo si estas diferencias son mayores a la capacidad de adaptación local de los organismos (Hofmann *et al.*, 2014; Vargas *et al.*, 2017).

En investigaciones próximas examinarán los datos de monitoreos biológicos en estos sistemas, como la concentración de clorofila en la columna de agua y su relación con el pH, para entender mejor las diferencias entre estas lagunas costeras. También se expandirán los monitoreos a laguna costeras en Baja California para comprender los procesos de las lagunas costeras de la región.

Agradecimientos

Se agradece a San Diego Foundation por financiar este estudio a través del programa Blaske Rose Miah for Environment (Grant ID # BLSK201564981) y a NOAA por financiar porciones de este proyecto a través de los proyectos TIME (NOAA Grant Number NA09NOS4190153) y CURRV NOAA (Grant Number NA12OAR4310103).

Literatura citada

- Callaway, J. C., E. L. Borgnis, R. E. Turner and C. S. Milan. 2012. Carbon Sequestration and Sediment Accretion in San Francisco Bay Tidal Wetlands. *Estuaries and Coasts* 35:1163–1181 DOI:10.1007/s12237-012-9508-9.
- Chmura, G. L., S. C. Anisfeld, D. R. Cahoon and J. C. Lynch. 2003. Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. *Global Biogeochemical Cycles* 17 DOI:10.1029/2002GB001917.
- Hofmann, G. E., T. G. Evans, M. W. Kelly, J. L. Padilla-Gamiño, C. A. Blanchette, L. Washburn, F. Chan, M. A. McManus, B. A. Menge, B. Gaylord, T. M. Hill, E. Sanford, M. Lavigne, J. M. Rose, L. Kapsenberg and J. M. Dutton. 2014. Exploring local adaptation and the ocean acidification seascape and andash; Studies in the California Current Large Marine Ecosystem. *Biogeosciences* 11:1053–1064 DOI:10.5194/bg-11-1053-2014.
- Jacobs, D., E. D. Stein and T. Longcore. 2010. Classification of California Estuaries Based on Natural Closure Patterns: Templates for Restoration and Management. Technical Report 619. 55 p.
- Kapsenberg, L. and G. E. Hofmann. 2016. Ocean pH time-series and drivers of variability along the northern Channel Islands, California, USA. *Limnology and Oceanography* 61:953–968 DOI:10.1002/lno.10264.
- Kroeker, K. J., R. L. Kordas, R. Crim, I. E. Hendriks, L. Ramajo, G. S. Singh, C. M. Duarte and J. P. Gattuso. 2013. Impacts of ocean acidification on marine organisms: Quantifying sensitivities and interaction with warming. *Global Change Biology* 19:1884–1896.
- Mathesius, S., M. Hofmann, K. Caldeira and H. J. Schellnhuber. 2015. Long-term response of oceans to CO₂ removal from the atmosphere. *Nature Climate Change* 5:1–8 DOI:10.1038/nclimate2729.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, D. C., USA.
- National Estuarine Research Reserves. 2011. System-wide monitoring program plan. Silver Spring.
- Vargas, C. A., N. A. Lagos, M. A. Lardies, C. Duarte, P. H. Manríquez, V. M. Aguilera, B. Broitman, S. Widdicombe and S. Dupont. 2017. Species-specific responses to ocean acidification should account for local adaptation and adaptive plasticity. *Nature Ecology & Evolution* 1(84): DOI:10.1038/s41559-017-0084.



ISBN: 978-607-96490-5-0

A standard 1D barcode representing the ISBN 978-607-96490-5-0.

9 786079 649050