

## ***Distribución espacio-temporal de Calanus finmarchicus (Calanoida) y sus potenciales depredadores invertebrados en una cuenca oceanográfica del Golfo de Maine, E.U.A. aplicando tecnologías ópticas.***

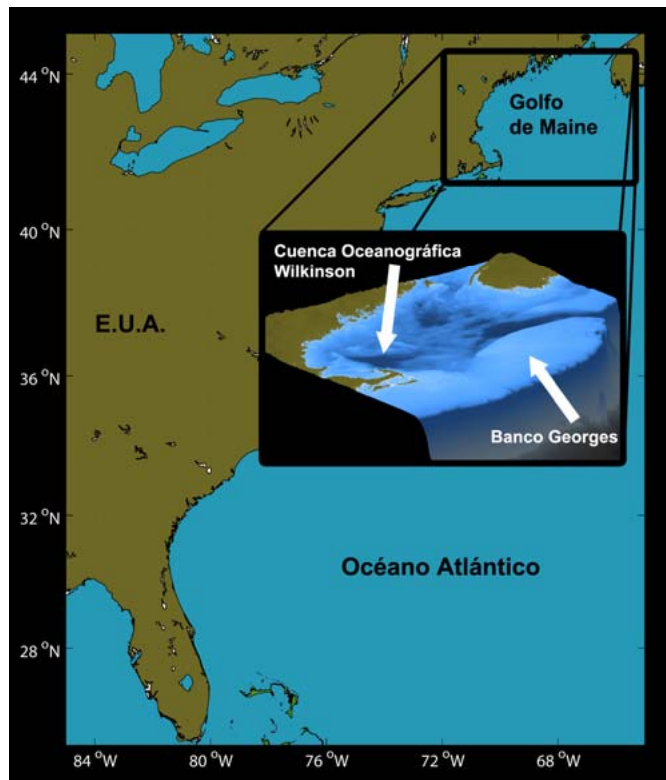
Christian Briseño Avena<sup>1</sup>, Mark C. Benfield<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Oceanography and Coastal Sciences, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, U.S.A. Correo-e: cbrise1@lsu.edu

### **Introducción**

*Calanus finmarchicus* Gunnerus, 1765 es una especie de copépodo que se distribuye ampliamente en el Norte del Océano Atlántico. En el Golfo de Maine, en la costa noreste de los Estados Unidos de Norteamérica (Figura 1), *C. finmarchicus* domina la biomasa del mesozooplankton durante la primavera e inicio del verano (Durbin y Casas 2006). La biología de esta especie, en conjunto con cambios ambientales afectan su distribución, y presumiblemente su supervivencia. Esta especie sufre un período de diapausa durante el estadio de copepodito V (Saumweber and Durbin 2006). Durante este período fisiológico la población de *Calanus finmarchicus* en el Golfo de Maine está a la disposición de numerosos depredadores. Diversos estudios identifican a cambios en los regímenes de las corrientes y masas de agua del Golfo de Maine como responsables de diezmar las poblaciones de *Calanus finmarchicus* (Greene and Pershing 2000). Sin embargo, la posibilidad de que las bajas en las poblaciones de este copépodo se deban a la mortalidad por depredación han sido poco exploradas (Li et al. 2006).

La importancia de *Calanus finmarchicus* reside en que constituye el alimento principal de estadios larvarios de especies de peces de alto valor comercial como el bacalao del Atlántico (*Gadus morhua*) y el eglefino (*Melanogrammus aeglefinus*) en el Banco Georges al extremo este del Golfo de Maine (Wiebe et al. 2006, Figura 1). Cada



**Figura 1.** Ubicación de la Cuenca Wilkinson y Banco Georges en el Golfo de Maine. Recuadro: batimetría del golfo. Las áreas más oscuras representan las áreas más profundas.

primavera en el Golfo de Maine, especies carismáticas de vertebrados como el tiburón ballena (*Cetorhinus maximus*) y de misticetos como la ballena franca (*Eubalaena glacialis*) se congregan para alimentarse también de *Calanus finmarchicus* (Durbin et al. 1995; Kenney et al. 1995; Wishner et al. 1995).

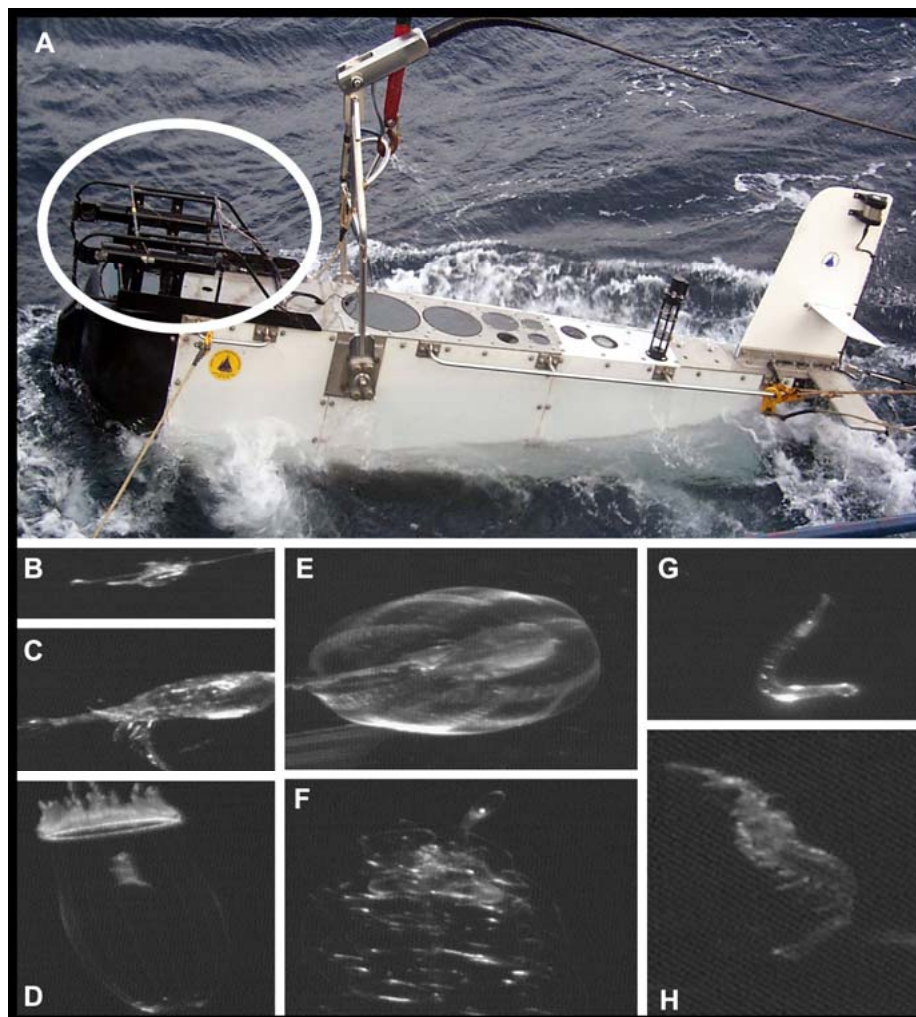
Los métodos convencionales para el estudio del plancton como redes y bombas de succión tienen numerosas limitantes en la frecuencia y resolución de muestreo en escalas de importancia ecológica (Benfield et al. 1999). El reciente desarrollo de colectores de plancton, como sistemas ópticos y bioacústicos ha avanzado la capacidad de resolver estos problemas (Benfield et al. 2007). Una gran ventaja de muestreadores ópticos como la videograbadora de plancton o VPR (por sus siglas en inglés: Video Plankton Recorder, Figura 2A) es su capacidad de grabar de manera continua organismos planctónicos sin perturbarlos (Davis et al. 1992). Esto es especialmente importante para estudiar los frágiles organismos planctónicos como ctenóforos, sifonóforos y otros cnidarios. Estos son importantes depredadores que son subestimados por métodos convencionales. El post procesamiento de los videos de la VPR genera imágenes de plancton con una estampa de tiempo única que puede ser relacionada con información de latitud, longitud y profundidad y con datos ambientales colectados por sensores montados en la VPR. De esta manera es posible calcular abundancias y construir mapas tridimensionales del plancton (Davis et al. 1996). Esta información puede ser utilizada para determinar el grado de superposición de la presa con respecto a sus depredadores así como su relación con parámetros físicos como temperatura y salinidad.

Los objetivos principales del presente estudio son: 1) determinar la distribución espacial de *Calanus finmarchicus* y de seis potenciales depredadores invertebrados (Figura 2B-H) en la Cuenca Oceanográfica Wilkinson en el Golfo de Maine, durante diciembre de 1998 y 1999 utilizando datos colectados con la videograbadora de plancton (VPR); y 2) estudiar las diferencias en la abundancia de *Calanus finmarchicus* así como su posición espacial relativa con respecto a la de sus depredadores durante diciembre de 1998 y 1999. Un objetivo secundario, pero no menos importante es presentar las ventajas de tecnologías ópticas para el muestreo de plancton marino.

## **Materiales y métodos**

El presente estudio utiliza un banco de imágenes y bases de datos colectadas durante dos cruceros en el Golfo de Maine como parte del programa Global Ocean Ecosystem Dynamics (GLOBEC) NW Atlantic/Georges Bank Study durante diciembre de 1998 y diciembre de 1999. Las imágenes del plancton fueron capturadas utilizando una videograbadora de plancton (VPR). La VPR es en sí un microscopio sumergible con cámaras de alta resolución que permiten la grabación continua de imágenes a una velocidad de 60 cuadros por segundo. Durante estos cruceros, la VPR se montó en una plataforma con múltiples sensores llamada en inglés BIOMAPER-II (Figura 2A). El

banco de imágenes y las bases de datos fueron integrados utilizando códigos de programación en el paquete MATLAB.



**Figura 2.** A) Fotografía de la plataforma BIOMAPER-II. La VPR se señala con el óvalo blanco. Ejemplos de imágenes capturadas por la VPR: *Calanus finmarchicus* (B); *Euchaeta norvegica* (C); medusa (D); ctenóforo (E); sifonóforo (F); quetognato (G); eufáusido (H). Las imágenes no se muestran a escala.

Las abundancias del plancton se calcularon utilizando un algoritmo de MATLAB basado en el conteo de imágenes individuales de cada uno de los taxones estudiados. Como generalidad, la abundancia de un determinado taxón se calculó como el número de imágenes observadas en un período de 60 segundos dividido por el volumen muestreado durante ese período. El mismo cálculo se aplicó a toda la extensión del transecto. Las abundancias son reportadas como números de individuos por metro cúbico (ind. m<sup>-3</sup>).

Mapas tridimensionales fueron construidos para estudiar la distribución espacial del plancton. Las abundancias fueron forzadas en un espacio tridimensional utilizando los datos sincronizados del geoposicionador del buque oceanográfico, así como los datos de los sensores de profundidad de la plataforma BIOMAPER-II. Todas las bases de datos fueron sincronizadas al inicio del crucero utilizando el tiempo del geoposicionador. Las imágenes de la VPR fueron estampadas con el tiempo en que fueron grabadas de manera que pudieran ser fusionadas posteriormente con las otras bases de datos para su posterior estudio. Las matrices tridimensionales de abundancia fueron calculadas utilizando la técnica geoestadística *Kriging*. *Kriging* es un método de interpolación que predice valores desconocidos entre dos o más puntos apartir de información conocida en dichos puntos. La interpolación fue realizada utilizando la herramienta *Kriging* de MATLAB, la cual permite la interpolación de datos en espacios y tridimensionales.

## Resultados y discusión

*Calanus finmarchicus* fue más abundante durante diciembre de 1999 que durante diciembre de 1998. Mientras las abundancias durante diciembre de 1998 alcanzaron apenas los 427 ind. m<sup>-3</sup>, durante diciembre de 1999 las abundancias sobrepasaron los 1 198 ind. m<sup>-3</sup> (Cuadro I).

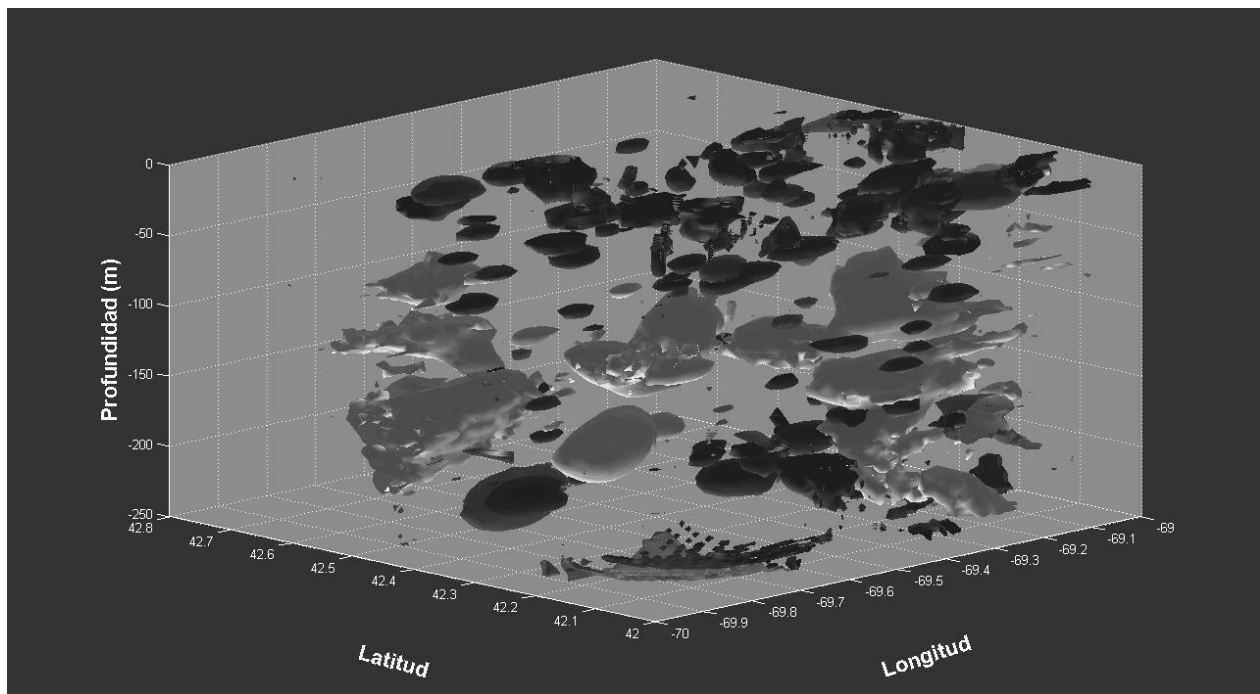
Cuatro de los depredadores (sifonóforos, ctenóforos, medusas, *Euchaeta norvegica*) fueron más abundantes durante diciembre de 1998 que durante 1999 (Cuadro I). Eufásidos y quetognatos fueron más abundantes durante 1999 que durante diciembre de 1998.

**Cuadro I.** Máximas abundancias zooplanctónicas observadas en la Cuenca Wilkinson, Golfo de Maine, durante diciembre de 1998 y diciembre de 1999.

Taxón	Abundancias (ind. m <sup>-3</sup> )	
	Diciembre 1998	Diciembre 1999
<i>Calanus finmarchicus</i>	427	1 198
Sifonóforos	39	15
Ctenóforos	356	54
Medusas	117	71
Eufásusidos	124	142
<i>Euchaeta norvegica</i>	213	163
Quetognatos	71	108

Además de las diferencias en abundancias, todos los taxa presentaron diferencias en sus distribuciones espaciales durante ambos períodos. Durante diciembre de 1998, *Calanus finmarchicus* mostró una distribución en parches muy dispersa a lo largo y ancho de la Cuenca Wilkinson (Figura 3). De manera vertical, los parches de *C. finmarchicus* se encontraron dispersos desde los 50 m hasta aproximadamente 240 m de profundidad (Figura 3). Coincidentemente, parches de depredadores se encontraron colocados de manera simultánea en profundidades mayores a 100 m.

Durante diciembre de 1998, cuando *C. finmarchicus* presentó abundancias bajas, se observó una relación espacial inversa entre la distribución de *Calanus finmarchicus* y sus depredadores. Esto puede indicar una depredación intensiva de *C. finmarchicus* en áreas donde los depredadores son abundantes.

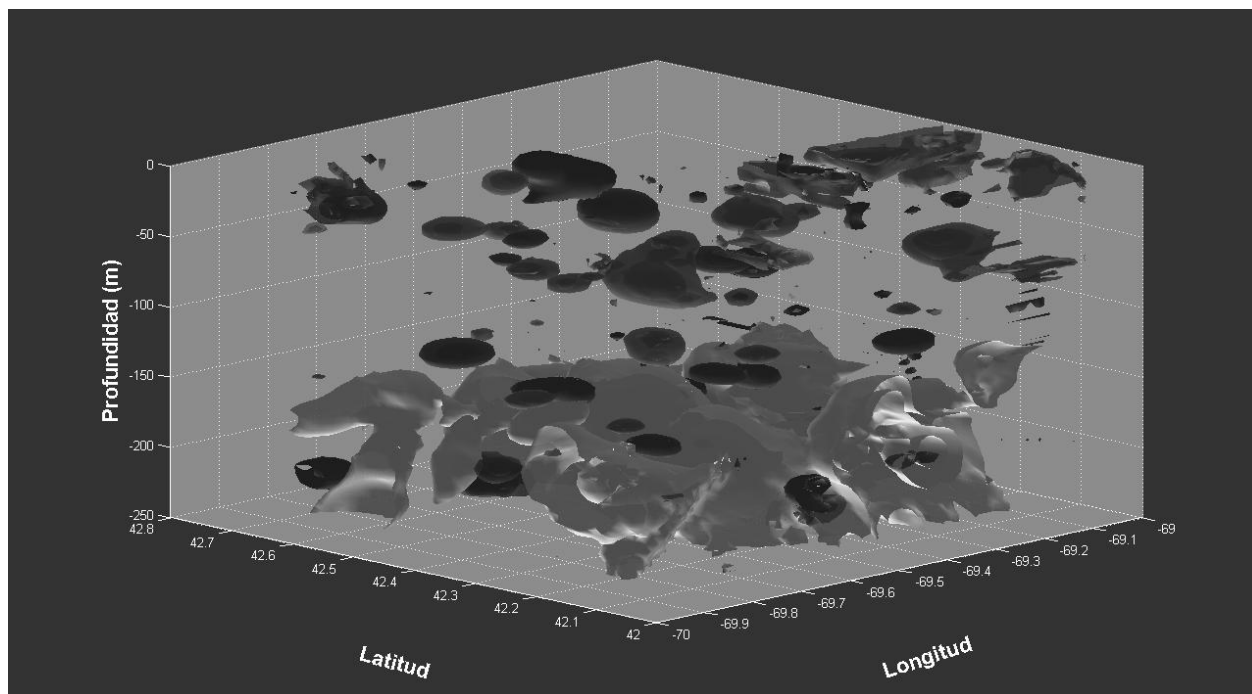


**Figura 3.** Mapa tridimensional mixto de la Cuenca Wilkinson durante diciembre de 1998. Se muestran las máximas abundancias de parches obtenidas por el método de interpolación *Kriging* de: *Calanus finmarchicus* (gris claro, 120-270  $n\ m^{-3}$ ) y seis potenciales depredadores (gris oscuro): sifonóforos (13-35  $n\ m^{-3}$ ), ctenóforos (100-300  $n\ m^{-3}$ ), medusas (20-70  $n\ m^{-3}$ ), quetognatos (20-50  $n\ m^{-3}$ ), *Euchaeta norvegica* (50-200  $n\ m^{-3}$ ), eufáusidos (50-120  $n\ m^{-3}$ ).

Durante diciembre de 1999, *Calanus finmarchicus* mostró una distribución muy compacta en la Cuenca Wilkinson. De manera vertical, la mayoría de la población de *C. finmarchicus* se localizó en una mancha compacta de 120 m hasta aproximadamente 240 m de profundidad (Figura 4).

Durante 1999, cuando *Calanus finmarchicus* fue prominentemente abundante, los depredadores presentaron abundancias muy bajas comparadas al año anterior.

Durante este período no se observó la misma relación espacial inversa observada durante diciembre de 1998 entre *C. finmarchicus* y sus depredadores. Sin embargo algunos parches de depredadores se encontraron inmersos en sitios con alta densidad de *C. finmarchicus*.



**Figura 4.** Mapa tridimensional mixto de la Cuenca Wilkinson durante diciembre de 1999. Se muestran las máximas abundancias de parches obtenidas por el método de interpolación *Kriging* de: *Calanus finmarchicus* (gris claro, 400-1 100 n m<sup>-3</sup>) y seis potenciales depredadores (gris oscuro): sifonóforos (4-12 n m<sup>-3</sup>), ctenóforos (8-35 n m<sup>-3</sup>), medusas (10-55 n m<sup>-3</sup>), quetognatos (15-85 n m<sup>-3</sup>), *Euchaeta norvegica* (50-120 n m<sup>-3</sup>), eufáusidos (50-100 n m<sup>-3</sup>).

En ambos períodos, *Calanus finmarchicus* se encontró en áreas con alto potencial de depredación. Aunque estas relaciones no muestran causalidad, es muy probable que las diferencias en abundancias se deban en gran medida a la mortalidad por depredación de *Calanus finmarchicus* causada por depredadores invertebrados.

## Bibliografía

- Benfield, M. C., C. S. Davis, P. H. Wiebe, S. M. Gallager, C. H. Greene, F. Werner, D. McGuillicuddy and T. K. Stanton.** 1999. Real time image analysis: instrument to model. *ICES C.M.*: 1999/M:06.
- Benfield, M. C., P. Grosjean, P. F. Culverhouse, X. Irigoien, M. E. Sieracki, A. Lopez-Urrutia, H. G. Dam, Q. Hu, C. S. Davis, A. Hansen, C. H. Pilskaln, E. M. Riseman, H. Schultz, P. E. Utgoff and G. Gorsky.** 2007.

- RAPID: Research on Automated Plankton Identification, *Oceanography* **20**(2): 172-187.
- Davis, C. S., S. M. Gallager, M. S. Berman, L. R. Haury and J. R. Strickler.** 1992. The video plankton recorder (VPR): Design and initial results, *Arch. Hydrobiol. Beih.*, **36**: 67-81.
- Davis, C. S., S. M. Gallager, M. Marra and W. Kenneth Stewart.** 1996. Rapid visualization of plankton abundance and taxonomic composition using the Video Plankton Recorder, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* **43**(7-8): 1947-1970.
- Durbin, E. G. and M. C. Casas.** 2006. Abundance and spatial distribution of copepods on Georges Bank during the winter/spring period, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* **53**(23-24): 2537-2569.
- Durbin, E. G., R. G. Campbell, S. L. Gilman and A. G. Durbin.** 1995. Abundance, biomass, vertical migration and estimated development rate of the copepod *Calanus finmarchicus* in the southern Gulf of Maine during late spring, *Continental Shelf Research* **15**(4-5): 571-591.
- Greene, C. H. and A. J. Pershing.** 2000. The response of *Calanus finmarchicus* populations to climate variability in the Northeast Atlantic: basin-scale forcing associated with the North Atlantic Oscillation, *ICES Journal of Marine Science* **57**: 1536-1544.
- Li, X. , J. D. J. McGillicuddy, E. G. Durbin and P. H. Wiebe.** 2006. Biological control of the vernal population increase of *Calanus finmarchicus* on Georges Bank, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* **53**(23-24): 2632-2655.
- Saumweber, W. J. and E. G. Durbin.** 2006. Estimating potential diapause duration in *Calanus finmarchicus*, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* **53**(23-24): 2597-2617.
- R. D. Kenney, H. E. Winn and M. C. Macaulay.** 1995. Cetaceans in the Great South Channel, 1979-1989: right whale (*Eubalaena glacialis*), *Continental Shelf Research* **15**(4-5): 385-414.
- K. F. Wishner, J. R. Schoenherr, R. Beardsley and C. Chen.** 1995. Abundance, distribution and population structure of the copepod *Calanus finmarchicus* in a springtime right whale feeding area in the southwestern Gulf of Maine, *Continental Shelf Research* **15**(4-5): 475-507.
- Wiebe, P. H., R. C. Beardsley, D. G. Mountain and R. Gregory Lough.** 2006. Dynamics of plankton and larval fish populations on Georges Bank, the North Atlantic US GLOBEC study site, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* **53**(23-24): 2455-2456.

