

Research Article

Hábitos alimentarios de *Noctiluca scintillans* en aguas costeras de la Provincia de Buenos Aires, Argentina

Natalia E. Sato¹, Daniel Hernández² & María D. Viñas³

¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Paseo Victoria Ocampo 1, B7602HSA

Mar del Plata, Argentina

²Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Paseo Victoria Ocampo 1, B7602HSA
Mar del Plata, Argentina

³Consejo Nacional de investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Universidad Nacional de Mar del Plata. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Paseo Victoria Ocampo 1 B7602HSA, Mar del Plata, Argentina

RESUMEN. Se analizó la dieta de *Noctiluca scintillans* a partir de muestras colectadas mensualmente en una estación costera permanente de la Provincia de Buenos Aires, Argentina (Estación EPEA) entre marzo 2000 y abril 2001. Se examinó un total de 1100 individuos. Las principales presas fueron diatomeas (27,7%), huevos de copépodos (24,1%) y tintínidos (17,9%). Los géneros/especies de presas más abundantes encontrados en las vacuolas digestivas de *N. scintillans* fueron en orden decreciente, los tintínidos: *Tintinnopsis* spp., *Codonellopsis* spp. y *Tintinnidium* spp.; huevos de copépodos de *Calanoides carinatus*, *Ctenocalanus vanus* y *Oithona nana*; y las diatomeas *Coscinodiscus wailesii*, *Paralia* spp., *Guinardia flaccida*, *Thalassiosira* spp., *Pinnularia* spp., *Pleurosigma normanii* y *Triceratium* spp. La incidencia alimentaria varió entre 27,5% y 77,0% con un promedio de 50,2%. Este índice alcanzó un alto valor en septiembre 2000. La correlación entre el volumen del predador y el volumen de las presas resultó altamente significativa ($r = 0,1921$; $P < 0,00000$). Los resultados indicaron que *N. scintillans* es un predador oportunista.

Palabras clave: *Noctiluca scintillans*, dinoflagelado heterótrofo, predación, ecología trófica, aguas costeras, Argentina.

Feeding habits of *Noctiluca scintillans* in coastal waters off Buenos Aires Province, Argentina

ABSTRACT. The diet of *Noctiluca scintillans* was determined using samples collected monthly at a permanent coastal station off Buenos Aires Province, Argentina (Station EPEA) from March 2000 through April 2001. A total of 1100 individuals were examined. Diatoms (27.7%), copepod eggs (24.1%), and tintinnids (17.9%) were the main prey items. The genus/species of the most abundant preys found in the *N. scintillans* food vacuoles were, in declining order, the tintinnids *Tintinnopsis* spp., *Codonellopsis* spp., and *Tintinnidium* spp.; copepod eggs of *Calanoides carinatus*, *Ctenocalanus vanus*, and *Oithona nana*; and the diatoms *Coscinodiscus wailesii*, *Paralia* spp., *Guinardia flaccida*, *Thalassiosira* spp., *Pinnularia* spp., *Pleurosigma normanii*, and *Triceratium* spp. The alimentary incidence varied between 27.5% and 77.0%, with an average of 50.2%. This index reached a high value in the month of September 2000. The correlation between the volumes of predators and preys was highly significant ($r = 0.1921$; $P < 0.00000$). The results indicated that *N. scintillans* is a predator opportunist.

Keywords: *Noctiluca scintillans*, heterotrophic dinoflagellate, predation, trophic ecology, coastal waters, Argentina.

INTRODUCCIÓN

Noctiluca scintillans es un dinoflagelado heterótrofo de distribución cosmopolita, constituye uno de los componentes más abundantes del plancton y entre otros impactos sobre el ecosistema, produce mareas rojas en áreas costeras alrededor del mundo (Fonda-Umani *et al.*, 2004), las cuales generalmente ocurren en primavera y verano (Miyaguchi *et al.*, 2006). Este fenómeno causa la muerte masiva de peces, muchos de ellos de importancia económica, y también de invertebrados marinos por la acumulación de niveles tóxicos de amonio en el agua circundante (Montani *et al.*, 1998).

Esta especie es de forma globular atecada, con citoplasma transparente, sin cloroplastos y con un número variable de vacuolas alimenticias. Estos organismos miden entre 200 y 2000 μm de diámetro, poseen un tentáculo cerca del citostoma y un flagelo rudimentario, ninguno de los cuales tiene una función locomotora (Lucas, 1982; Fonda-Umani *et al.*, 2004). Capturan partículas alimenticias por medio del tentáculo, el cual realiza movimientos lentos y asimétricos. Este dinoflagelado es fagotrófico y su mecanismo de alimentación consiste en engullir la presa (Hansen & Calado, 1999).

N. scintillans juega un rol importante en las cadenas tróficas marinas (Miyaguchi *et al.*, 2006), alimentándose de una gran variedad de presas que incluyen tanto fitoplancton (principalmente diatomeas), huevos, larvas y pellets fecales de crustáceos como también otros organismos zooplanctónicos (Prasad, 1958; Kimor, 1979; Quevedo *et al.*, 1999; Kjørboe, 2003; Fonda-Umani *et al.*, 2004). De este modo, *N. scintillans* estaría afectando las cadenas tróficas al ejercer por ejemplo, predación sobre las diatomeas (productores primarios del sistema pelágico), que constituyen una fuente de alimento importante para los organismos marinos pequeños (Curtis & Barnes, 1994). También, al ejercer predación sobre el zooplancton, en especial sobre los copépodos (consumidores primarios más numerosos en todos los mares y océanos), componente fundamental en la dieta de peces y de muchos otros organismos marinos (Boltovskoy, 1981; Quevedo *et al.*, 1999). Por su abundancia, estos dinoflagelados pueden llegar a limitar el crecimiento de la población local de copépodos, no sólo al competir por el alimento, sino además por alimentarse de sus huevos y nauplios (Nakamura, 1998; Jeong, 1999). Existen evidencias de la enorme influencia de *N. scintillans* sobre las variaciones en la abundancia y diversidad del zooplancton y en la estructura de la comunidad donde habitan (Jeong, 1999; Quevedo *et al.*, 1999; Fonda-Umani *et al.*, 2004; Yilmaz *et al.*, 2005).

En el Mar Argentino no existe ningún estudio realizado sobre la alimentación de *N. scintillans* a pesar de su abundancia en áreas costeras. Esto se puede atribuir a que el estudio de estos organismos tan frágiles, delicados y de pequeñas tallas, es muy complejo. Además, los procesos de digestión dificultan la determinación, a través de cada fragmento, del origen de las presas ingeridas. Por su potencial impacto de predación sobre poblaciones de copépodos y otros organismos fito y zooplanctónicos, debido a las elevadas abundancias que pueden alcanzar, es de suma importancia efectuar estudios sobre la ecología trófica de las poblaciones locales de este predador, que aporten a la evaluación de su posible rol sobre la comunidad planctónica costera de Argentina.

Los conocimientos de sus hábitos alimentarios que comprenden tanto la determinación de la composición de la dieta, índices alimentarios y selectividad por tamaños de presa, permiten establecer su posible rol ecológico como predador en la comunidad planctónica y el potencial impacto de la proliferación de *N. scintillans* en el ecosistema costero. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue estudiar durante un ciclo anual, los hábitos alimentarios de *N. scintillans* en las aguas costeras de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

La estación costera EPEA (Estación Permanente de Estudios Ambientales) (38°28'S, 57°41'W, 48 m profundidad), se ubica en la Provincia de Buenos Aires, Argentina (Fig. 1), a una distancia de la costa de aproximadamente 13,5 mn. Es una estación fija de muestreo dedicada al estudio a largo plazo de variaciones en la comunidad del plancton en relación con los factores ambientales, para detectar posibles sucesos extraordinarios causados por cambios climáticos y oceanográficos. Aunque EPEA corresponde a "aguas costeras", debido a su proximidad con la isobata de 50 m, puede estar influenciada en algunos casos por la advección de "aguas de la plataforma media" de origen subantártico y en otras ocasiones por aguas dulces del Río de la Plata (Lutz *et al.*, 2006). Hacia el norte de la región bonaerense, se encuentra el frente del Río de la Plata que presenta una marcada variabilidad espacial y mantiene una estructura de cuña salina permanente. Hacia el sur, se destaca un área determinada por dos regiones, una externa bajo la influencia de aguas de plataforma que ingresan desde el sur (golfo San Matías), aportando alto contenido de sal y una franja litoral costera con aguas diluidas por los aportes de los ríos Negro y Colorado (Guerrero, 1998).

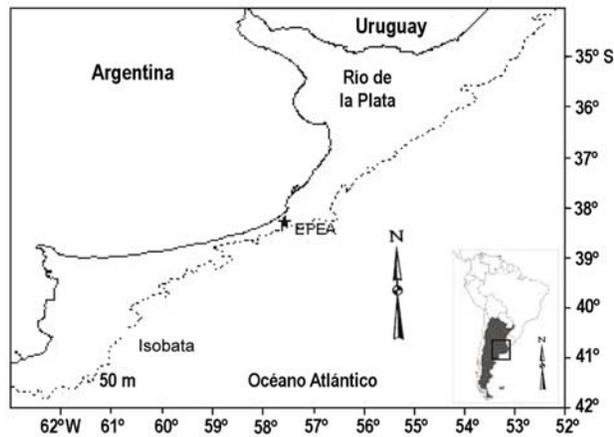


Figura 1. Localización de la estación costera permanente EPEA (38°28'S, 57°41'W).

Figure 1. Location of the permanent coastal station EPEA (38°28'S, 57°41'W).

Con la finalidad de determinar los hábitos alimentarios de *N. scintillans*, se colectó mensualmente un total de 14 muestras de plancton durante el período marzo 2000-abril 2001. La colecta de los ejemplares se realizó mediante arrastres verticales desde cercanías del fondo hasta la superficie, durante las horas del día, utilizando una red minibongo de 20 cm de diámetro (mallas de 67 y 220 μm). El tiempo de arrastre fue de 2 min con una velocidad de 20 m min^{-1} . Las muestras se fijaron con formaldehído neutralizado al 4% en agua de mar, después de ≤ 5 min de la colecta.

Para el análisis de la composición de la dieta de *N. scintillans* se separaron al azar 200 ejemplares de cada muestra. El contenido digestivo se observó por transparencia empleando un microscopio óptico binocular (Dela-Cruz *et al.*, 2002). Cuando no fue posible observar las partículas alimenticias por transparencia, se empleó la metodología utilizada para la identificación de presas encontradas dentro de los contenidos digestivos de otros tipos de predadores (Viñas & Ramírez, 1996; Viñas & Santos, 2000), que resultó ser muy efectiva con esta especie y que consistió en la disección de cada ejemplar con agujas muy finas y posterior tinción con solución saturada de azul de toluidina (0,25%). Esto se realizó para lograr una mejor visualización y detección de las presas encontradas dentro de las vacuolas digestivas de *N. scintillans*. Esta técnica que emplea la tinción, permite observar y distinguir mejor las estructuras quitinosas, transparentes e incoloras, tales como las que se encuentran en los nauplios de los copépodos, copepoditos y en las cutículas de muchos otros pequeños crustáceos y en las lórigas de los tintínidos (Viñas & Ramírez, 1996; Viñas & Santos, 2000). Hay

que señalar además, que los procesos de digestión del alimento por parte del predador llevan a que solamente queden unos pocos fragmentos de las presas consumidas, fragmentos que son transparentes e incoloros y que solamente pueden visualizarse con una tinción. De esta manera, las partículas alimenticias encontradas dentro de las vacuolas digestivas fueron identificadas taxonómicamente hasta el menor nivel posible, cuantificadas y medidas (largo total y ancho). Las mediciones se realizaron utilizando un microscopio óptico binocular marca Zeiss de luz transmitida modelo Axioscop, conectado a una cámara de video marca Sony, modelo CCD y un software para el procesamiento digital de imágenes (Programa Control). A partir de estas mediciones se obtuvieron los biovolúmenes mediante métodos geométricos (Kogan, 2005).

Los copépodos fueron identificados considerando su anatomía externa, morfología de sus apéndices y el tipo cerdas o espinas que ornamentan los artejos de los apéndices, usando la literatura taxonómica disponible (Ramírez, 1970; Bradford-Grieve *et al.*, 1999). La identificación específica de los tintínidos se realizó según la morfología de sus lórigas, en el marco taxonómico general propuesto por Alder (1999). Para los dinoflagelados se utilizó el trabajo de revisión y recopilación de Balech (1988). Las diatomeas se identificaron según su morfología, simetría y características del esqueleto silíceo o frústulo (Balech, 1977; Ferrario *et al.*, 1995; Vouilloud, 2003).

El resto de las presas zooplanctónicas se determinaron usando las descripciones taxonómicas disponibles (Boltovskoy, 1981). Para identificar los huevos de copépodos encontrados en las vacuolas del predador. Se realizó una serie de incubaciones de las hembras de copépodos de las especies dominantes. Después de 24 h de incubación, se fijaron las muestras con formaldehído neutralizado al 4% en agua de mar y se registró el diámetro de los huevos y características particulares. Los huevos de copépodos encontrados en las vacuolas digestivas de *N. scintillans* fueron identificados a nivel de especie, comparándolos con los obtenidos en las incubaciones.

La medición de los diámetros de *N. scintillans* se realizó utilizando un microscopio óptico binocular y un programa computacional para el procesamiento digital de imágenes.

Para visualizar las distribuciones mensuales de tamaño (diámetro) de *N. scintillans*, los datos se agruparon en clases de 100 μm y se representaron en histogramas, incorporando los intervalos de confianza al 95%, correspondientes al porcentaje registrado en cada clase de tamaño (Mood & Graybill, 1963). Los

intervalos de confianza se obtuvieron considerando la distribución binomial (Mood & Graybill, 1963). Las distribuciones agrupadas correspondientes a los distintos meses fueron comparadas a partir del estadístico G de razón de verosimilitudes (Sokal & Rohlf, 1979), para determinar diferencias significativas entre los meses analizados.

Teniendo en cuenta los datos individuales de los diámetros de estos predadores, se efectuó un análisis de varianza simple, para comparar el diámetro medio de *N. scintillans* entre los diferentes meses analizados, previa transformación de los datos a la escala logarítmica, para homogeneizar las varianzas. Para evaluar la homocedasticidad se consideró el test de Bartlett (Zar, 1996). La normalidad de estas distribuciones se evaluó gráficamente a partir de los normal-plot correspondientes a cada mes. Los diámetros medios mensuales se representaron gráficamente. Considerando que los datos sin transformar presentaban distribuciones normales (verificado esto gráficamente a partir de los normal-plot), se construyeron intervalos de confianza al 95% sobre los diámetros medios, de acuerdo a la distribución t de Student (Sokal & Rohlf, 1979).

Para determinar la relación entre el volumen de *N. scintillans* y el volumen de las presas se calculó el coeficiente de correlación de Pearson y se evaluó su significación estadística (Sokal & Rohlf, 1979).

Se determinó la incidencia alimentaria mensual, definida como el porcentaje de *N. scintillans* con al menos una presa en sus vacuolas digestivas (Dela-Cruz, 2002). Los valores de los índices alimentarios en términos porcentuales, fueron representados a partir de un gráfico de barras con los respectivos intervalos de confianza del 95%, calculados a partir de la distribución binomial (Mood & Graybill, 1963). Los índices alimentarios correspondiente a los diferentes meses analizados, se compararon a partir del estadístico G de razón de verosimilitudes, con el propósito de determinar diferencias significativas entre los meses analizados (Sokal & Rohlf, 1979). Luego se efectuaron comparaciones de pares entre todos los índices alimentarios, considerando el test Tukey de comparaciones múltiples (Zar, 1996), para determinar diferencias significativas entre los índices alimentarios comparados de a pares.

RESULTADOS

El período de estudio fue de marzo 2000 a abril 2001, pero solamente se detectaron ejemplares de *N. scintillans* en julio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre 2000 y enero 2001.

En el análisis de la composición de la dieta, se determinó que *N. scintillans* consumió una gran variedad de presas que incluyó tanto zooplancton (distintos estadios de desarrollo de los copépodos, tintínidos, estadios tempranos de moluscos, apendicularias), como fitoplancton (diatomeas y dinoflagelados). El número de presas encontradas varió entre 1 y 10 por predador. Las diatomeas (27,7%), huevos de copépodos (24,1%) y Los tintínidos (17,9%), fueron los principales ítemes alimentarios durante todo el período de estudio, constituyendo el 69,7% del total. Los géneros/especies de presas más abundantes, fueron en orden decreciente, los tintínidos, *Tintinnopsis* spp., *Codonellopsis* spp. y *Tintinnidium* spp.; huevos de copépodos de: *Calanoides carinatus*, *Ctenocalanus vanus* y *Oithona nana*; y las diatomeas: *Coscinodiscus wailesii*, *Paralia* spp., *Guinardia flaccida*, *Thalassiosira* spp., *Pinnularia* spp., *Pleurosigma normanii* y *Triceratium* spp. (Tabla 1).

En la Figura 2 se muestra la distribución de frecuencias de tamaño especímenes de *N. scintillans*. El rango de diámetro varió entre 200 y 799 μm . Los diámetros medios presentaron diferencias significativas entre meses ($F = 38,67$; $P < 0,000$) (Fig. 3).

La correlación entre el volumen del predador y de las presas resultó altamente significativo ($r = 0,1921$; $P < 0,000$) (Fig. 4). No obstante, el incremento fue muy leve, apreciándose que a medida que el volumen del predador es mayor, incrementa el rango de volúmenes de sus presas.

De un total de 1100 ejemplares examinados, solamente 552 contenían presas en sus vacuolas digestivas. La incidencia alimentaria durante todo el período de estudio varió entre 27,5% y 77% con un promedio de 50,2% (Fig. 5). Los índices presentaron diferencias significativas entre los meses analizados ($G = 109,64$; $P < 0,000$) (Tabla 2), alcanzando el valor más alto en septiembre de 2000 (Fig. 5).

DISCUSION

N. scintillans presenta un comportamiento trófico de tipo fagotrófico omnívoro. Algunos autores determinaron que consume principalmente huevos de copépodos y diatomeas (Quevedo *et al.*, 1999; Dela-Cruz *et al.*, 2003; Mohamed & Mesaad, 2007). Un punto importante a destacar, es que este trabajo constituye el primero en emplear estas técnicas de tinción para identificar presas encontradas en las vacuolas digestivas de *N. scintillans*. La utilización de tinción permitió identificar la presencia de un alto porcentaje de tintínidos, que por presentar lórigas muy

Tabla 1. Composición de la dieta de *Noctiluca scintillans* y número de presas en cada mes analizado. NI: no identificados.**Table 1.** Composition of the diet of *Noctiluca scintillans* and number of prey found in each month analyzed. NI: unidentified.

Presas	Jul-00	Sep-00	Oct-00	Nov-00	Dic-00	Ene-01	Total
Copépodos							
Copepoditos NI		1		8	2	3	14
Nauplii NI		2	2		2		6
Huevos libres							
<i>Calanoides carinatus</i>		47	27	14			88
<i>Ctenocalanus vanus</i>		8	9	4	9		30
Huevos en sacos							
<i>Oithona</i> spp.		10	5		3		18
Huevos de copépodos NI		24	27	1	10	13	75
Tintínidos							
<i>Codonellopsis</i> spp.		5		2	28	1	36
<i>Eutintinnus</i> spp.		2					2
<i>Tintinnidium</i> spp.		15					15
<i>Tintinnopsis</i> spp.		72	5	5	7		89
<i>Tintinnopsis baltica</i>		2			2		4
Tintínidos NI		3	1				4
Larvas de lamelibranquios		9	1	1			11
Larvas de gasterópodos			7				7
Diatomeas							
<i>Guinardia flaccida</i>				16	5		21
<i>Pinnularia</i> spp.		1	1		3		5
<i>Pleurosigma normanii</i>		3		1			4
<i>Triceratium</i> spp.	1	2				1	4
Diatomeas céntricas		36	12	54	19	4	125
<i>Coscinodiscus waillesii</i>	49						49
Diatomeas en cadenas			2		2	1	5
<i>Paralia</i> spp.	1			22		1	24
<i>Thalassiosira</i> spp.		4	1				5
Dinoflagelados							
<i>Ceratium</i> spp.						2	2
<i>Dinophysis tripos</i>	2						2
<i>Protoperidinium</i> spp.		40				1	41
Apendicularias						2	2
Pellets de crustáceos	1	9	25	26	19	17	97
Presas NI	2	30	25	8	14	11	90
Total	56	325	150	162	125	57	875

pequeñas, transparentes e incoloras, son difíciles de detectar sin la aplicación de tinción especial. Es probable que por esta razón, en otros trabajos referentes a este tema, no se hallan encontrado altos porcentajes de tintínidos como componente de la dieta de *N. scintillans*, como en el presente trabajo (Quevedo *et al.*, 1999; Dela-Cruz *et al.*, 2003; Yilmaz *et al.*, 2005; Mohamed & Mesaad, 2007). *N. Sainti-*

llans consumió principalmente las presas que fueron componentes más abundantes en el medio ambiente. De acuerdo a Negri & Silva (2003), que estudiaron la composición fitoplanctónica en la estación EPEA durante el mismo periodo de estudio (marzo 2000-abril 2001), determinaron la biomasa fototrófica obteniendo valores que fluctuaron entre 8,9 (noviembre de 2000) y 106 $\mu\text{gC L}^{-1}$ (julio de 2000),

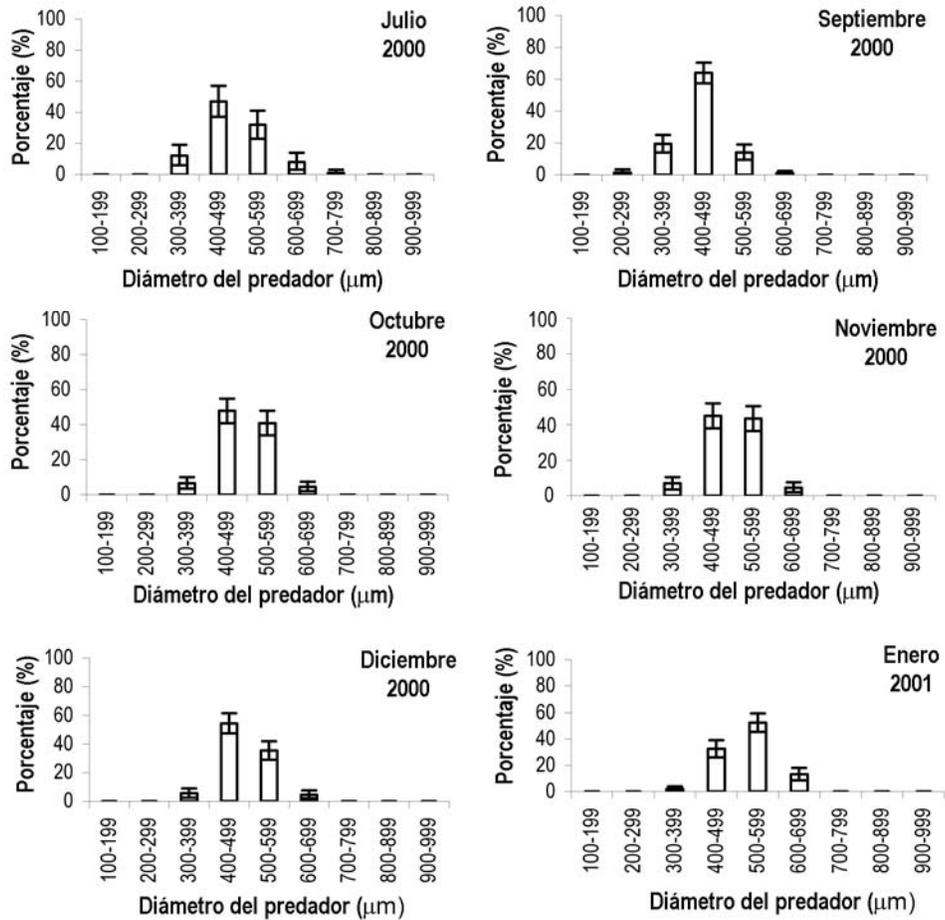


Figura 2. Distribución de frecuencias de diámetros de *Noctiluca scintillans* en el periodo marzo 2000-abril 2001 (95% intervalo de confianza).

Figure 2. Distribution of frequencies of diameters of *Noctiluca scintillans* in the period March 2000- April 2001 (95% interval of confidence).

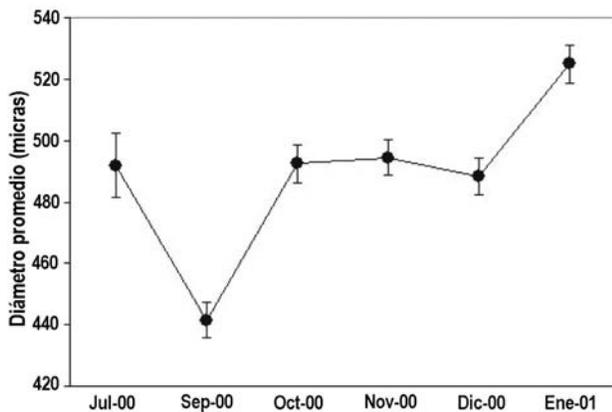


Figura 3. Diámetro promedio de *Noctiluca scintillans* en cada uno de los meses analizados en el periodo marzo 2000-abril 2001.

Figure 3. Average diameter of *Noctiluca scintillans* in each one of the months in the period March 2000-April 2001.

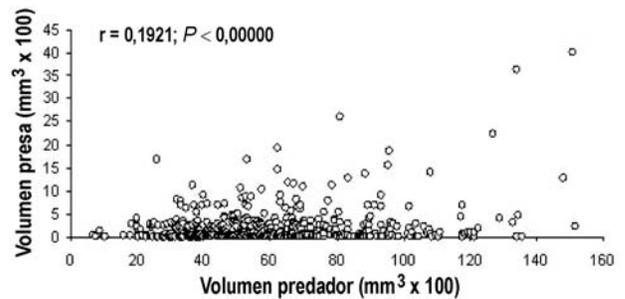


Figura 4. Relación entre el volumen del predador (mm^3) y el volumen de las presas (mm^3).

Figure 4. Relation between the volume of the predator (mm^3) and the volume of the preys (mm^3).

siendo las diatomeas el grupo que alcanzó las mayores biomásas. En julio 2000 se observó un bloom de *C. walesii* en la misma área (Lutz *et al.*, 2006) y un elevado consumo de *N. scintillans* por estas diato-

Tabla 2. Comparación de a pares entre los índices alimentarios correspondientes a los diferentes meses analizados. Test Tukey para comparaciones múltiples entre la proporción mayor y las demás proporciones, correspondientes a diferentes meses [ns: diferencias no significativas ($P > 0,05$); *: diferencias significativas ($0,01 < P \leq 0,05$); **: diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$)].

Table 2. Comparisons of to pairs between the alimentary indexes corresponding to the different months analysed. Test Tukey for multiple comparisons between the main proportion and the other proportions, corresponding to different months [ns: no significant differences ($P > 0,05$); *: significant differences ($0,01 < P \leq 0,05$) ; **: highly significant differences ($P \leq 0,01$)].

Comparación	q (0,05)	q (0,01)	P
Jul versus Sep	4,030	4,757	*
Jul versus Oct	4,030	4,757	ns
Jul versus Nov	4,030	4,757	ns
Jul versus Dic	4,030	4,757	ns
Jul versus Ene	4,030	4,757	ns
Sep versus Oct	4,030	4,757	**
Sep versus Nov	4,030	4,757	*
Sep versus Dic	4,030	4,757	**
Sep versus Ene	4,030	4,757	**
Oct versus Nov	4,030	4,757	ns
Oct versus Dic	4,030	4,757	ns
Oct versus Ene	4,030	4,757	*
Nov versus Dic	4,030	4,757	ns
Nov versus Ene	4,030	4,757	**
Dic versus Ene	4,030	4,757	ns

meas, indicando claramente un comportamiento de predador oportunista (Quevedo *et al.*, 1999; Dela-Cruz *et al.*, 2003; Mohamed & Mesaad, 2007). En correspondencia con el componente zooplanctónico en la estación EPEA, estudios realizados durante el mismo periodo, permitieron determinar la composición del mesozooplankton donde los copépodos inferiores a 1 mm fueron los más abundantes ($500-39600 \text{ ind m}^{-3}$), superando a los copépodos de tallas superiores, por dos órdenes de magnitud (Viñas *et al.*, 2003). Los copépodos más abundantes en el medio ambiente fueron en orden decreciente, *Oithona nana*, *Paracalanus* spp., *Calanoides carinatus* y *Ctenocalanus vanus* (Viñas *et al.*, 2003). Fue notoria la presencia de todos los estadios de desarrollo de *C. carinatus* de agosto a noviembre 2000. Respecto al microzooplankton, los huevos y nauplios de copépodos presentaron abundancias medias del orden de 2000 y 6000 ind m^{-3} respectivamente (Viñas *et al.*, 2003). Para los tinti-

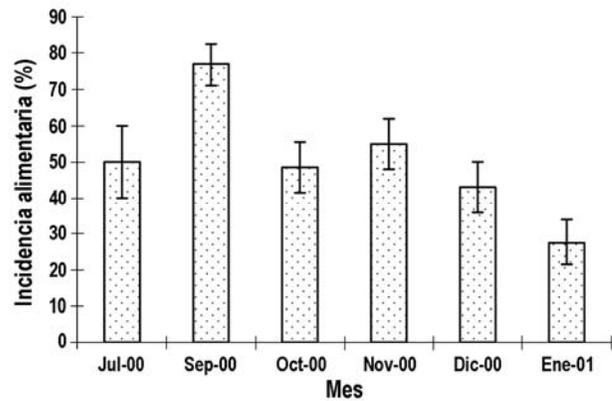


Figura 5. Incidencia alimentaria (%) de *Noctiluca scintillans* desde julio 2000 a enero 2001 (95% intervalo de confianza).

Figure 5. Feeding incidence (%) of *Noctiluca scintillans* from July 2000 to January 2001 (95% interval of confidence).

nidos, no se obtuvo información sobre su abundancia en el periodo de estudio.

No se detectó que *N. scintillans* consumiera huevos de peces (generalmente son huevos de tallas importantes), como lo han informado otros autores (Prasad, 1958; Hattori, 1962), a pesar que comúnmente se encuentra una alta abundancia de huevos en esta área (Alfaya & Zabala, 2006). Esto se debería a que los diámetros de *N. scintillans* fueron más pequeños en comparación con los obtenidos por los otros autores mencionados. El rango de diámetros varió notoriamente entre los meses estudiados, lo cual coincide con lo obtenido por otros investigadores (Yilmaz *et al.*, 2005; Murray & Suthers, 1999). Los menores diámetros promedios correspondieron a septiembre 2000, en coincidencia con el valor más alto de incidencia alimentaria. De acuerdo con algunos autores, el diámetro puede ser usado como un indicador efectivo de la condición nutricional (Mohamed & Mesaad, 2007). Los diámetros pequeños ($< 450 \mu\text{m}$) indicarían una mejor condición nutricional, este se explicaría considerando que cuando se encuentran bien alimentados, se reproducen rápidamente (principalmente por fisión binaria) y por lo tanto, se pueden encontrar en la población numerosos individuos de pequeñas tallas. En poblaciones con altos porcentajes de individuos en inanición, se han observado que presentan mayores diámetros y con importantes daños irreversibles (Buskey, 1995).

La correlación entre los volúmenes del predador y de las presas resultó significativa, aunque si bien hay correlación entre los datos, el modelo no explicó satisfactoriamente la relación entre ambos volúmenes.

La selectividad resultó ser baja, apreciándose que a medida que el volumen del predador es mayor, se incrementa el rango de volumen de las presas, incluyendo en este rango presas pequeñas para el rango total de volumen del predador. No obstante, se puede indicar que el tamaño de las partículas alimenticias es una característica a tomar en cuenta para la selección de las presas de *N. scintillans* (Hansen & Calado, 1999).

La abundancia de *N. scintillans* durante septiembre 2000, fue extremadamente elevada ($17.126 \text{ ind m}^{-3}$), coincidiendo con una máxima incidencia alimentaria en ese mes y con una elevada abundancia de presas en el medio, principalmente de huevos de copépodos ($2347,1 \pm 981,5 \text{ ind m}^{-3}$) (M.D. Viñas, *com. pers.*) y junto con los altos valores de clorofila-*a* (60 mg m^{-2}) que indicarían claramente una importante concentración de fitoplancton en el medio (Lutz *et al.*, 2006). Esta especie consumió básicamente huevos de copépodos y de diatomeas en septiembre, hecho que explicaría el alto valor de incidencia alimentaria registrado.

El presente estudio constituye un aporte clave para comprender la ecología trófica de la especie en aguas costeras bonaerenses a lo largo de un ciclo anual. Como conclusión se puede indicar que esta especie se comporta como un omnívoro oportunista, que consume principalmente las fracciones de tamaño del microplancton y mesoplancton. Por lo tanto, una proliferación de *N. scintillans* en las aguas costeras podría afectar las cadenas tróficas del área de estudio, por la predación intensiva sobre la componente fitoplanctónica (en especial sobre las diatomeas que constituyen los organismos más significativos como productores de sustancias orgánicas) y el microzooplancton. Es reconocido que los componentes de esta fracción microzooplanctónica constituyen un nexo importante en la transferencia de materia y energía desde los niveles inferiores hacia los consumidores mayores y además son un ítem sustancial en la dieta de pequeños crustáceos, quetognatos, organismos gelatinosos y larvas de peces, por lo que una fuerte predación ejercida por *N. scintillans* sobre esta fracción, afectaría negativamente los eslabones superiores de la cadena alimentaria. Por lo tanto, sería necesario efectuar a futuro, estudios detallados sobre tasas de predación y tiempos de digestión de la especie de interés, para comprender cabalmente, su rol ecológico en la comunidad planctónica costera bonaerense.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP, Pro-

yecto: Dinámica del Plancton Marino) por proveer las muestras y facilidades de laboratorio. Un agradecimiento muy especial para el Dr. Fernando Ramírez por su ayuda en la identificación de los copépodos y al Lic. Rubén Negri y la Dra. Rut Akselman por sus aportes en la identificación del fitoplancton. También un especial agradecimiento a los evaluadores anónimos que con sus sugerencias e indicaciones han mejorado la calidad de este trabajo. Esta investigación fue parcialmente sostenida por la Agencia Nacional para la Promoción Científica y Técnica, PICT 15227/2003, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y la Universidad Nacional de Mar del Plata, EXA 322/05.

REFERENCIAS

- Alder, V. 1999. Tintinnoinea. En: D. Boltovskoy (ed.). South Atlantic zooplankton. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 321-384.
- Alfaya, J.E. & S. Zabala. 2006. Variación estacional e interanual de las densidades de huevos y larvas de peces en la Estación Permanente de Estudios Ambientales (EPEA). Seminario del curso de Oceanografía Biológica, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 24 pp.
- Balech, E. 1977. Introducción al fitoplancton marino. Editorial Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 211 pp.
- Balech, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Publicaciones Especiales, Instituto Español de Oceanografía, 310 pp.
- Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. Publicación Especial, Mar del Plata, 937 pp.
- Buskey, E.J. 1995. Growth and bioluminescence of *Noctiluca scintillans* on varying algal diets. J Plankton Res., 17: 29-40.
- Bradford-Grieve, J.M., E.L. Markhaseva, C.E.F. Rocha & B. Abiahy. 1999. Copepoda. En: D. Boltovskoy (ed.). South Atlantic zooplankton. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 869-1098.
- Curtis, H. & N. Barnes. 1994. Biología. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires, pp. 1095-1198.
- Dela-Cruz, J. 2002. Population dynamics and ecology of the red tide dinoflagellate, *Noctiluca scintillans*. PhD Thesis, University of New South Wales, New South Wales, 201 pp.
- Dela-Cruz, J., P Ajani, R. Lee, T. Pritchard & I. Suthers. 2002. Temporal abundance patterns of the red tide

- dinoflagellate *Noctiluca scintillans* along the southeast coast of Australia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 236: 75-88.
- Dela-Cruz, J., J.H. Middleton & I.M. Suthers. 2003. Population growth and transport of the red tide dinoflagellate, *Noctiluca scintillans*, in the coastal waters off Sydney Australia, using cell diameter as a tracer. *Limnol. Oceanogr.*, 48(2): 656-674.
- Ferrario, M.E., E.A. Sar & S.E. Sala. 1995. Metodología básica para el estudio del fitoplancton con especial referencia a las diatomeas. En: K. Alveal, M.E. Ferrario, E.C. Oliveira & E.A. Sar (eds.). *Manual de Métodos Ficológicos*, Editorial Universidad de Concepción, Concepción, pp. 1-23.
- Fonda-Umani, S., A. Beran, J. Parlato, D. Virgilio, T. Zollet, A. de Olazabal, B. Lazzarini & M. Cabrini. 2004. *Noctiluca scintillans* (Macartney) in the northern Adriatic Sea: long-term dynamics, relationships with temperature and eutrophication, and role in the food web. *J. Plankton Res.*, 26(5): 545-561.
- Guerrero, R.A. 1998. Oceanografía física del estuario del Río de la Plata y el sistema costero de El Rincón. Noviembre, 1998. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. *Inf. Téc.*, 21: 29-54.
- Hansen, P.J. & A.J. Calado. 1999. Phagotrophic mechanisms and prey selection in free-living dinoflagellates. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 46: 382-389.
- Hattori, S. 1962. Predatory activity of *Noctiluca scintillans* eggs. *Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, 9: 211-220.
- Jeong, H.J. 1999. The ecological roles of heterotrophic dinoflagellates in marine planktonic community. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 46(4): 390-396.
- Kimor, B. 1979. Predation by *Noctiluca miliaris* Souriray on *Acartia tonsa* Dana eggs in the inshore waters of southern California. *Limnol. Oceanogr.*, 24(3): 568-572.
- Kjørboe, T. 2003. High turnover rates of copepod fecal pellets due to *Noctiluca scintillans* grazing. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 258: 181-188.
- Kogan, M. 2005. Estudio de la composición específica, abundancia y distribución espacial del microzooplancton (protozoos y micrometazoos) en el estuario del Río de la Plata (Argentina-Uruguay). Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 157 pp.
- Lucas, I.A.N. 1982. Observations on *Noctiluca scintillans* Macartney (Ehrenb.) (Dinophyceae) with notes on an intracellular bacterium. *J. Plankton Res.*, 4: 401-409.
- Lutz, V.A., A. Subramaniam, R. Negri, R.I. Silva & J.I. Carreto. 2006. Annual variations in bio-optical properties at the 'Estación Permanente de Estudios Ambientales (EPEA)' coastal station, Argentina. *Cont. Shelf Res.*, 26: 1093-1112.
- Miyaguchi, H., T. Fujiki, T. Kikuchi, V.S. Kuwahra & T. Toda. 2006. Relationships between the bloom of *Noctiluca scintillans* and environmental factors in the coastal waters of Sagami Bay, Japan. *J. Plankton Res.*, 28(3): 313-324.
- Mohamed, Z.A. & I. Mesaad. 2007. First report on *Noctiluca scintillans* blooms in the Red Sea off the coasts of Saudi Arabia: consequences of eutrophication. *Oceanología*, 49(3): 337-351.
- Montani, S., S. Pithakpol & K. Tada. 1998. Nutrient regeneration in coastal seas by *Noctiluca scintillans*, a red tide-causing dinoflagellate. *J. Mar. Biotechnol.*, 6(4): 224-228.
- Mood, A.M. & F.A. Graybill. 1963. Introduction to the theory of statistics. McGraw-Hill, New York, 443 pp.
- Murray, S. & I.M. Suthers. 1999. Population ecology of *Noctiluca scintillans* Macartney, a red-tide forming dinoflagellate. *Mar. Freshw. Res.*, 50: 243-252.
- Nakamura, Y. 1998. Biomass, feeding and production of *Noctiluca scintillans* in the Seto Inland Sea, Japan. *J. Plankton Res.*, 20(11): 2213-2222.
- Negri, R.M. & R.I. Silva. 2003. Contribución de las distintas fracciones del fitoplancton a la biomasa fototrófica durante un ciclo anual en la estación EPEA (38°28'S-57°41'W). V Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar, 8-12 Diciembre 2003, Mar del Plata, pág. 147.
- Prasad, R. 1958. A note on the occurrence and feeding habits of *Noctiluca* and their effects on the plankton community and fisheries. *P. Indian Acad. Sci.*, 47: 331-337.
- Quevedo, M.R., R. González-Quirós & R. Anadón. 1999. Evidence of heavy predation by *Noctiluca scintillans* on *Acartia clausi* (Copepoda) eggs off the central Cantabrian coast (NW Spain). *Oceanol. Acta*, 22: 127-131.
- Ramírez, F.C. 1970. Copépodos planctónicos del sector bonaerense del Atlántico Sudoccidental. Proyecto de Desarrollo Pesquero, Ser. Inf. Téc., 10: 1-116.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1979. *Biometría*. Blume Ediciones, Madrid, 832 pp.
- Viñas, M.D. & F.C. Ramírez. 1996. Gut analysis of first-feeding anchovy larvae from Patagonian spawning areas in relation to food availability. *Arch. Fish. Mar. Res.*, 43(3): 231-256.
- Viñas, M.D. & B.A. Santos. 2000. First-feeding of hake (*Merluccius hubbsi*) larvae and prey availability in the North Patagonian spawning area - Comparison with anchovy. *Arch. Fish. Mar. Res.*, 48(3): 242-254.

- Viñas, M.D., R. Negri, F. Capitanio, C. Daponte & R. Silva. 2003. Ciclo anual del mesozooplancton y de algunos componentes del microzooplancton en la estación EPEA (38°28'S, 57°41'W). V Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar, 8-12 Diciembre 2003, Mar del Plata, pág. 183.
- Vouilloud A.A. 2003. (CD-ROM). Catálogo de diatomeas continentales y marinas de Argentina. Asociación Argentina de Ficología, La Plata, Argentina.
- Yilmaz, I.N., E. Okus & A. Yuksek. 2005. Evidence for influence of a heterotrophic dinoflagellate (*Noctiluca scintillans*) on zooplankton community structure in a highly stratified basin. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 64: 475-485.
- Zar, J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey, 662 pp.

Received: 29 September 2009; Accepted: 5 August 2010