



Monitoreo de las Floraciones Algaes Nocivas (FANs) en el Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

Los indicadores que se presentan en este documento fueron generados en el Laboratorio de Fitoplancton Marino a través de la Actividad académica “ Monitoreo de las Floraciones Algaes en el Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica” y del subproyecto “Vigilancia y prevención de los efectos de las Floraciones Algaes Nocivas (FANs) y la acumulación de toxinas paralizantes en moluscos bivalvos de importancia comercial, Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica” que se enmarca en el proyecto “Incremento en la competitividad de las PYMES del Pacífico Central mediante un plan de fortalecimiento interuniversitario regional”.

1. Información general básica

1.1. Autor (es) y grado académico:	Licda. Emilia Calvo Vargas María del Pilar Arguedas Rodríguez (estudiante IV nivel de la carrera de Biología con énfasis en Biología Marina)
1.2. Unidad académica/Laboratorio:	Escuela de Ciencias Biológicas, Estación de Biología Marina, Laboratorio de Fitoplancton Marino
1.3. Periodo de estudio del indicador: Indicar fecha de inicio y última fecha del monitoreo.	26 enero – 07 septiembre 2011
1.4. Área geográfica que se estudió: Indicar la región en la que se realizó el monitoreo.	Siete estaciones fijas de muestreo en el Golfo de Nicoya: <ul style="list-style-type: none"> - Tárcoles - Caldera - Muelle de Puntarenas - Isla Pajarita - Punta Morales - Costa de Pájaros - Punta Cuchillo
1.5. Palabras clave	Floraciones Algaes Nocivas, microalgas nocivas, ficotoxinas, seguridad alimentaria, sistemas de cultivo

2. Información técnica

2.1 Marco Teórico

Las floraciones algales, conocidas como mareas rojas son cambios en la coloración del agua producidas por la proliferación de microorganismos pigmentados (Reguera 2002). Estos organismos presentan ciclos de crecimiento y decrecimiento numérico regulados por ciertas condiciones físicas y químicas del agua. Las concentraciones pueden llegar a alcanzar magnitudes de 10^4 - 10^6 células/L. El inicio, desarrollo y desaparición de las floraciones algales, dependen de la interacción de una gran cantidad de factores biológicos, bioquímicos, hidrográficos y meteorológicos (Salgado 1994).

La Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO designó a las Floraciones Algas Nocivas (FANs), para hacer referencia a la reproducción masiva de microorganismos pigmentados como microalgas, ciliados y bacterias que son percibidas como dañinos por sus efectos adversos en la salud humana, en las explotaciones de acuicultura y turísticas de las zonas costeras y en las poblaciones naturales de los organismos marinos. Por lo tanto, este término se aplica a cualquier población microalgal planctónica o bentónica, aún cuando las concentraciones celulares no sean muy elevadas, siempre y cuando su aparición conlleve un efecto nocivo (Reguera 2002). Sin embargo, este no es un término científico sino operativo, que actualmente es aceptado por la comunidad de científicos y por los gestores sanitarios y ambientales (Anónimo 1992, citado por Reguera 2002).

En años anteriores las floraciones se formaban en pocas regiones, hoy en día se pueden observar abarcando grandes áreas en todos los países costeros del planeta (Anderson *et al.* 2001). Generalmente las FANs son eventos monoespecíficos, es decir, ocasionadas por una sola especie (Hallegraeff 2004), sin embargo, en la actualidad es posible observar floraciones originadas por más de una especie nociva o tóxica (Anderson *et al.* 2001). A partir de la década de los años 60 las floraciones algales dejaron de ser eventos desconocidos. Éstas empezaron a aparecer con mucha más frecuencia, e incluso en ciertas áreas se puede observar una temporalidad (Cortés y Páez 1998, Okaichi 2003). Los grupos más importantes formadores de FANs son los dinoflagelados, las diatomeas otras crisófitas y las cianobacterias especialmente de agua dulce.

Las especies productoras de las sustancias más tóxicas y con mayor variedad pertenecen al grupo de los dinoflagelados, afortunadamente, se trata de un número reducido de especies. Entre ellas: *Alexandrium catenella*, *Alexandrium excavata*, *Alexandrium tamarense*, *Lingulodinium polyedrum*, *Alexandrium monilatum*, *Gymnodinium catenatum*, *Pyrodinium bahamense var. compressa* y *Karenia brevis* (Muñoz 1998). Los moluscos bivalvos acumulan ficotoxinas a través de su proceso de alimentación por filtración y las transfieren a diferentes niveles de la cadena trófica, incluyendo al ser humano, por lo que éstos son los vectores más importantes. Además, según Cortés y Páez (1998) la exposición a una floración algal nociva puede ocasionar dermatitis, conjuntivitis, gastroenteritis entre otras.

Para la protección de la salud pública y considerando la sintomatología de las intoxicaciones y los medios de transmisión, se han definido seis tipos de síndromes asociados a las siguientes toxinas (Secretaría de Salud, México 2005):

- Intoxicación Paralizante por Moluscos (Paralytic Shellfish Poisoning, PSP)
- Intoxicación Amnésica por Moluscos (Amnesic Shellfish Poisoning, ASP)
- Intoxicación Diarréica por Moluscos (Diarrhetic Shellfish Poisoning, DSP)
- Intoxicación Neurotóxica por Moluscos (Neurotoxic Shellfish Poisoning, NSP)
- Intoxicación Ciguatérica (Ciguatera Fish Poisoning, CFP)
- Intoxicación por Azapirácidos (Azaspiracid Poisoning, AZP)

La PSP es producida por la saxitoxina (STX) y sus derivados, la ASP por el ácido domoico, las cuales son las ficotoxinas más peligrosas pues en casos extremos de intoxicación pueden causar la muerte.

De las especies mencionadas anteriormente, el dinoflagelado *Pyrodinium bahamense* var. *compressa* (Figura 1) representa un problema muy serio para la salud pública y la economía de los países tropicales, ya que éstos dependen grandemente de los productos del mar como fuente de proteína y tienen poca experiencia en la investigación de los dinoflagelados tóxicos (Hallegraeff 2004). *Gymnodinium catenatum* es un dinoflagelado desnudo que forma cadenas, y al igual que *P. bahamense* var. *compressa* es productor de toxinas paralizantes (PSP), el primer evento de intoxicación paralítica por consumo de moluscos asociado a esta especie ocurrió en 1976 en España, después en México (1979), en Portugal y Tasmania (1986). La formación de cistos de resistencia tiene implicaciones importantes en la dinámica de las floraciones de este dinoflagelado (Blackburn *et al.* 1989).

Por estas razones es necesario evaluar la dinámica del fitoplancton nocivo y el riesgo que conlleva el consumir moluscos bivalvos durante una floración algal nociva. Según Anderson *et al.* (2001) y Salgado (1994) también existe riesgo al consumir cangrejos, gastrópodos predadores y carroñeros, serpientes carnívoras y otros organismos que acumulen las toxinas en su organismo. Salgado (1994) indica que el grado de intoxicación varía de acuerdo al número de moluscos consumidos, el tipo de toxinas, el nivel de la toxina, el número de microalgas por litro de agua según sea la especie. Estudios realizados han demostrado que los niños son más sensibles a las ficotoxinas que los adultos y las mujeres más que los hombres. Además, si se consumen los moluscos con el estómago vacío o junto con alguna bebida alcohólica, el efecto de la toxina es mayor. La cocción del molusco no inhibe el efecto de la toxina como se suele creer, en algunos casos esta acción podría aumentar su toxicidad.



Figura 1. Cadena de 4 células del dinoflagelado tóxico *Pyrodinium bahamense* var. *compressa*.

Antecedentes y especies responsables de FANs

Probablemente, la primera floración algal nociva reportada para el Golfo de Nicoya fue la de Peterson en 1958 (citado por Víquez 1999). En 1972 se documentaron por primera vez muertes por el consumo de ostiones (La Nación 1972; La República 1972, citado por Calvo 2002). En 1980 se observó una marea roja muy extensa provocada por el dinoflagelado *Cochlodinium catenatum* (Hargraves y Víquez 1981). Y durante el período 1985-1986 se observaron otras microalgas junto a *C. catenatum*. Entre ellas estaban presentes los dinoflagelados *A. monilatum* y *G. catenatum* (Víquez y Hargraves 1995). En octubre de 1989, se registraron 14 casos de intoxicación por el consumo del ostión vaca (*Spondylus calcifer*) y en menor grado por “navajas” (*Tagelus sp.*) (Mata *et al.* 1990). Esta fue la primera vez que se observó *P. bahamense var. compressum* en el Golfo de Nicoya (Víquez 2001 com. per.). El último florecimiento algal tóxico en el Golfo de Nicoya fue en el 2000, la microalga responsable fue el dinoflagelado *P. bahamense var. compressa*.

Según la Comisión Interinstitucional para la Prevención y Control de la Marea Roja en Costa Rica (2010), durante la floración algal tóxica del 2000 se registraron 77 casos de intoxicación por el consumo de moluscos contaminados, principalmente el ostión vaca (*Spondylus calcifer*), donde la especie de dinoflagelado responsable fue *P. bahamense var. compressa*. En diciembre del 2000 se estableció una prohibición total a la extracción y comercialización de moluscos bivalvos por la presencia de marea roja en la costa pacífica costarricense mediante el decreto ejecutivo N° 29184-S-MAG publicado en el diario oficial La Gaceta. Los costos cuantificables por atención de este evento tuvo un valor aproximado de 300 millones de colones.

Además, se reactivó la “Comisión Interinstitucional para la Vigilancia y Control de la Marea Roja en Costa Rica” por medio del Decreto Ejecutivo No. 29328-MAG-S del 6 de marzo del 2001, la cual está conformada por representantes del Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA), Ministerio de Agricultura y Ganadería, a través del Laboratorio Nacional de Servicios Veterinarios (LANASEVE), el Ministerio de Salud, la Universidad Nacional a través del Laboratorio de Fitoplancton Marino, la Caja Costarricense del Seguro Social y la Universidad de Costa Rica que se incorporó en mayo de 2003. En setiembre del 2002 mediante el decreto ejecutivo N° 30708-S-MAG se levanta en todo el litoral Pacífico la veda para la piangua, la almeja y el mejillón. Mientras las especies conocidas como ostión vaca, concha perla y barva de hacha continúan en veda. La Comisión recomienda mantener un monitoreo constante sobre las especies de moluscos bivalvos y de las microalgas nocivas, con el fin de tomar medidas preventivas oportunas, en el caso que aparezca de nuevo un evento.

En la actualidad, las floraciones algales son muy comunes en el Golfo de Nicoya, se pueden presentar tanto en la época seca como en la lluviosa, los dinoflagelados son generalmente los responsables de estos eventos, sin embargo, también las diatomeas (*Skeletonema costatum* y *Aulacodiscus sp.*) y las cianobacterias (*Trichodesmium erythraeum*). El dinoflagelado *C. cf. catenatum* es una especie que generalmente ha formado las FANs en el Golfo. Por ejemplo, en el 2004, 2007 y 2010 permaneció por 58, 57 y 53 días respectivamente. Esta especie ha causado problemas a la salud pública, las pesquerías, la maricultura y el turismo. En el 2003 se reportó la muerte de peces en

jaulas, principalmente el pargo mancha (*Lutjanus guttatus*), y a las personas que se encontraban cerca de la costa les provocó náuseas e irritación de la garganta, los ojos y la piel. Luego, el dinoflagelado *A. monilatum* es una especie que siempre está presente en el Golfo, sin embargo, en el 2005 fue la primera vez que se reportó como la microalga responsable de una floración algal, además, mezclada con éste estaban presentes los dinoflagelados tóxicos *G. catenatum* y *P. bahamense var. compressa* en concentraciones importantes (Calvo *et al.* 2005).



Figura 2. Floración algal producida por el dinoflagelado nocivo *Cochlodinium cf. catenatum* en la Isla San Lucas (febrero 2007), Golfo de Nicoya, Puntarenas.
Cortesía: Oscar Pacheco Urpí

Justificación e importancia

El Golfo de Nicoya es una de las áreas más importante de pesca en la costa pacífica costarricense, donde se desarrollan proyectos de maricultura. Es un área de criadero de larvas y juveniles de importancia comercial, y representa el medio de subsistencia de muchas comunidades costeras. Por estas razones es que el estudio de la dinámica de los organismos que forman las FANs es de gran importancia, debido a que ciertas especies representan riesgos potenciales para la salud pública, la maricultura, las pesquerías y el turismo. Lo que origina serios problemas socio-económicos y ambientales, especialmente los ocasionados por las especies que provocan daños al ser humano y los organismos acuáticos. Por lo tanto, es de gran importancia el establecimiento de un sistema de monitoreo de las FANs con el fin de vigilar y prevenir sus efectos potencialmente nocivos.

2.2 Metodología del indicador

Cada dos semanas se realizan giras al Golfo de Nicoya para recolectar muestras de agua de mar a 1 y 5 metros de profundidad en estaciones fijas de muestreo: Tárcoles, Caldera, Muelle de Puntarenas, Isla Pajarita y en tres sistemas de cultivo de la ostra japonesa (*Crassostrea gigas*) en Punta Cuchillo, Costa de Pájaros y Punta Morales, con el objetivo de:

- Identificar y cuantificar las microalgas tóxicas: *Pyrodinium bahamense var. compressa*, *Gymnodinium catenatum*, *Akashiwo sanguinea*, *Alexandrium tamiyabanichi* y la cianobacteria *Trichodesmium erythraeum* productoras de toxinas paralizantes. Y los dinoflagelados productores de toxinas diarreicas *Dinophysis caudata*, *Dinophysis rotundata*, *Prorocentrum mexicanum* y *Lyngulodinium polyedrum*.
- Identificar y cuantificar las microalgas nocivas: *Cochlodinium cf. catenatum*, *Alexandrium monilatum*, *Gyrodinium instriatum*, *Noctiluca scintillans*, *Ceratium spp.*, *Prorocentrum micans* y *Prorocentrum mínimum*.

Conteo de la muestra

Si la muestra de agua contiene una concentración de células muy alta, como en el caso de las floraciones algales, se toma 1 ml y se cuentan los organismos presentes en una celda de conteo Sedgewick-rafter. Si la muestra contiene muy poco material, 1 ml de agua no será suficiente para hacer una buena estimación del número de organismos, por lo que, la determinación de la concentración celular se realiza a través del método Utermöhl con torretas de 10 mL y se deja sedimentar por lo menos por 12 horas, luego se determina el número de células por litro (Células/L) mediante una regla de tres.

2.3. Indicador

El dinoflagelado tóxico *P. bahamense* var. *compressa* fue la especie responsable de la última floración algal tóxica (2000-2001), después de este evento no se volvió a observar en las muestras del Golfo de Nicoya hasta el 5 de octubre del presente año con una concentración de 50 células/L a 1 m de profundidad en la estación de muestreo Caldera.

Hasta la fecha (14 de octubre 2011) los dinoflagelados *Gyrodinium. instriatum* y *Alexandrium tamiyabanichi* no se han observado en las muestras de agua recolectadas a 1 y 5 m de profundidad en las siete estaciones fijas de muestreo.

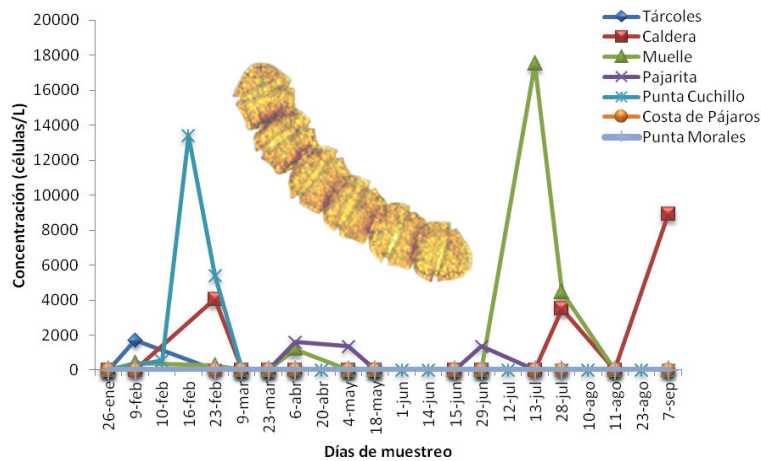


Figura 3. Concentración (células/L) del dinoflagelado productor de toxinas paralizantes *G. catenatum* a 1m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

En febrero *G. catenatum* fue observado en cuatro estaciones de muestreo a 1 m de profundidad (Tárcoles, Muelle de Puntarenas, Punta Cuchillo y Caldera), con una concentración máxima de 13400 células/L en Punta Cuchillo (Figura 3). En Julio también se observó en concentraciones muy altas en el Muelle de Puntarenas (17500 células/L).

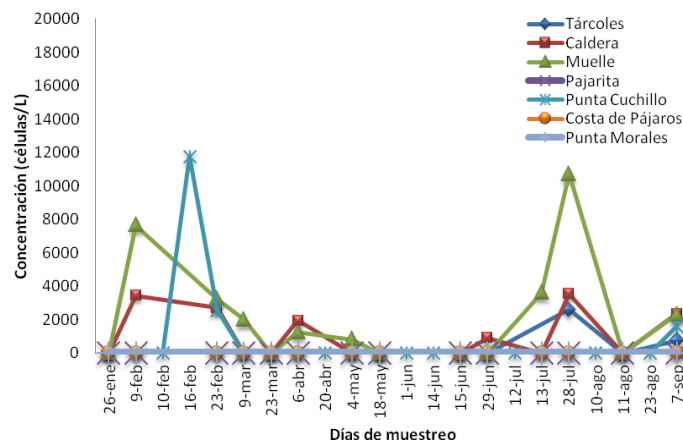


Figura 4. Concentración (células/L) del dinoflagelado productor de toxinas paralizantes *G. catenatum* a 5m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

A 5m de profundidad *G. catenatum* tuvo una concentración máxima de 11750 células/L en Punta Cuchillo, durante febrero (Figura 4). Y en Julio se observó con una concentración de 10700 células/L en el Muelle de Puntarenas.

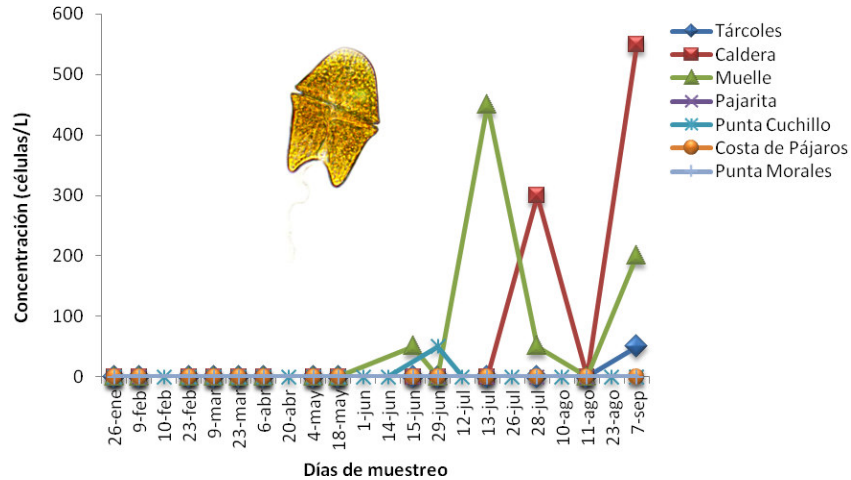


Figura 5. Concentración (células/L) del dinoflagelado productor de toxinas paralizantes *Akashiwo sanguinea* a 1m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

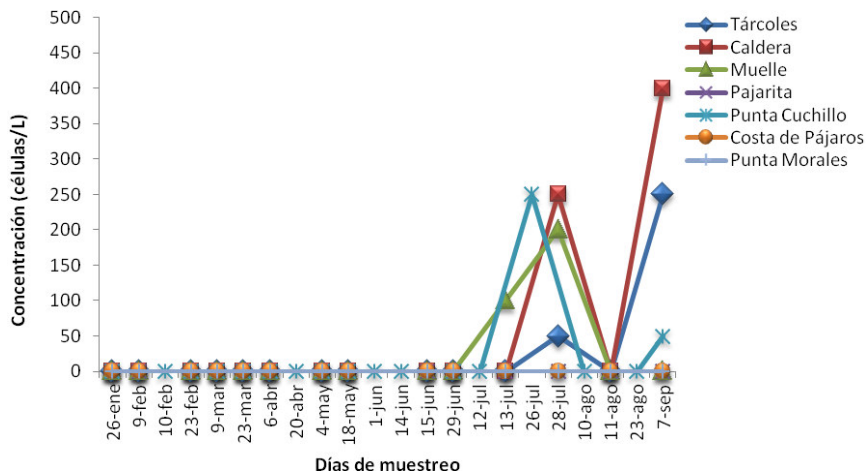


Figura 6. Concentración (células/L) del dinoflagelado productor de toxinas paralizantes *A. sanguinea* a 5m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

Durante el presente año *A. sanguinea* no se ha observado en concentraciones altas, las más elevadas se han visto en Caldera a inicios de setiembre con 550 células/L y 400 células/L a 1m y 5m de profundidad respectivamente (Figura 5 y 6).

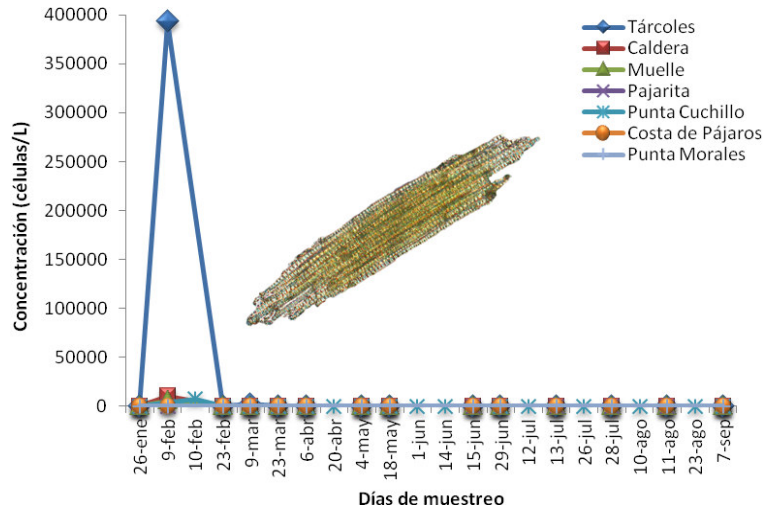


Figura 7. Concentración (células/L) de la cianobacteria productora de toxinas paralizantes *Tricodesmium erythraeum* a 1m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

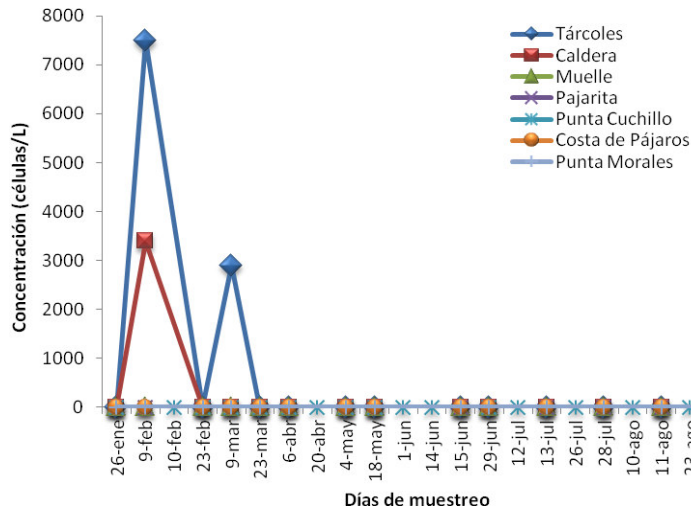


Figura 8. Concentración (células/L) de la cianobacteria productora de toxinas paralizantes *T. erythraeum* a 5m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

T. erythraeum es una de las pocas cianobacterias conocidas por producir toxinas de tipo paralizantes. La concentración máxima de esta especie se observó en febrero en la estación de Tárcoles, con valores de 393000 células/L y 7500 células/L a 1m y 5m de profundidad respectivamente (Figuras 7 y 8).

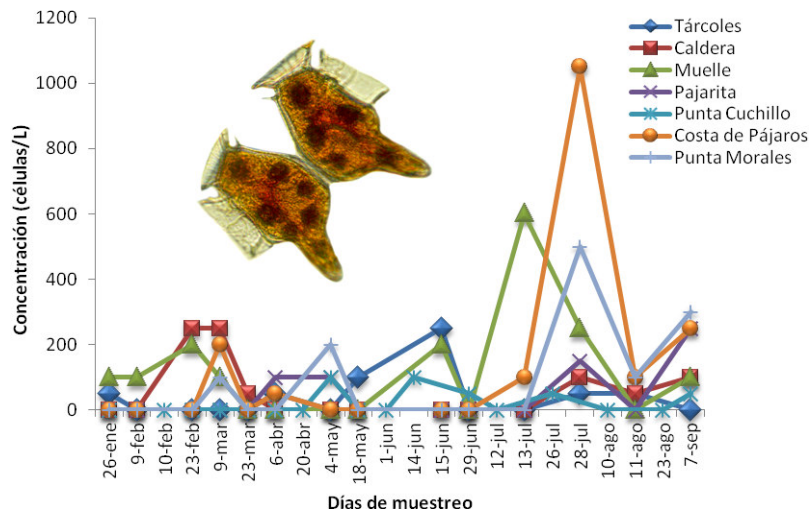


Figura 9. Concentración (células/L) del dinoflagelado productor de toxinas diarreas *Dinophysis caudata* a 1m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

D. caudata se ha observado durante todo el año en concentraciones muy bajas. A finales de julio a 1m de profundidad mostró la concentración más elevada del año (1050 células/L) en Costa de Pájaros (Figura 9).

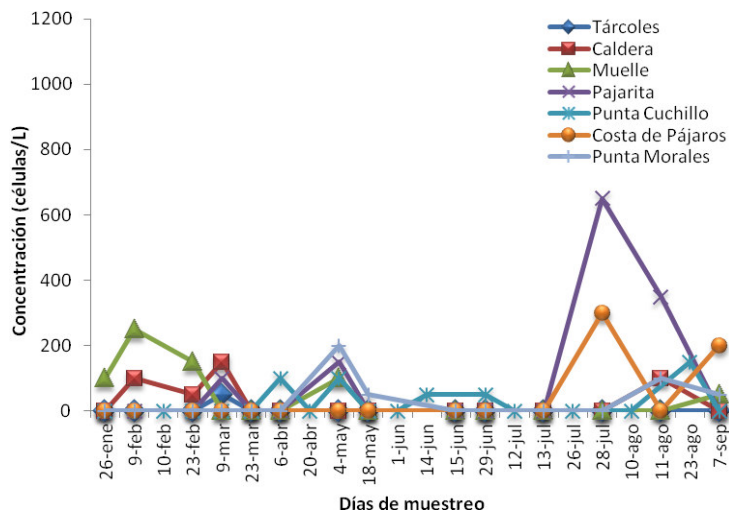


Figura 10. Concentración (células/L) del dinoflagelado productor de toxinas diarreas *D. caudata* a 5m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

Mientras que a 5m de profundidad la concentración máxima de *D. caudata* fue de 650 células/L en Isla Pajarita (Figura 10).

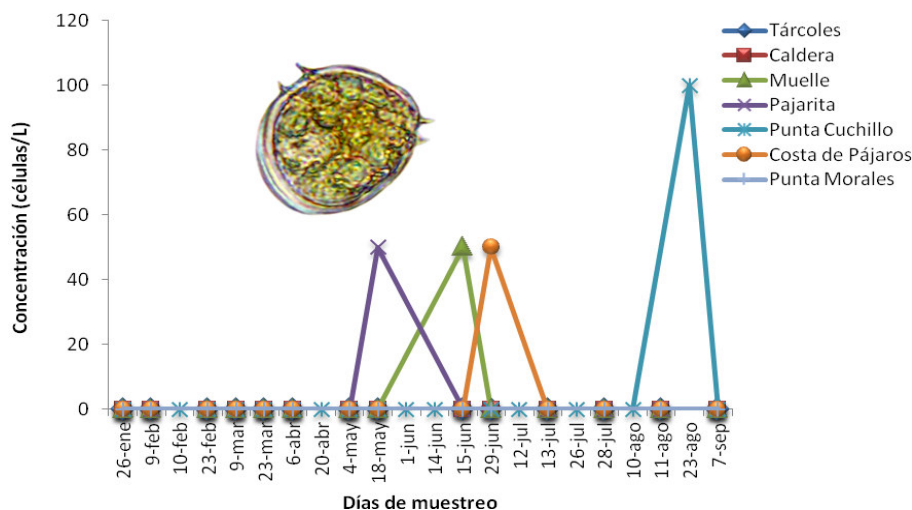


Figura 11. Concentración (células/L) del dinoflagelado productor de toxinas diarreas *Dinophysis rotundata* a 1m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

En las muestras de 1m de profundidad, *D. rotundata* fue observada en cuatro estaciones distintas (Isla Pajarita, Muelle de Puntarenas, Costa de Pájaros y Punta Cuchillo) el presente año. La estación con la concentración máxima fue Punta Cuchillo (100 células/L) en agosto (Figura 11).

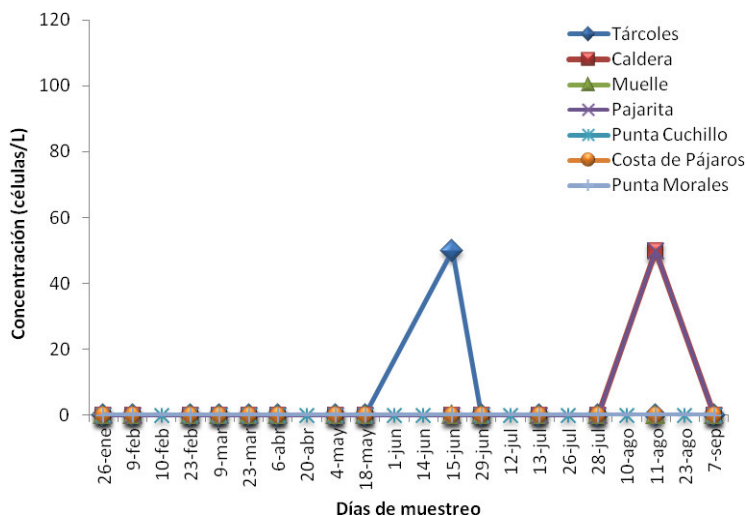


Figura 2. Concentración (células/L) del dinoflagelado productor de toxinas diarreas *Dinophysis rotundata* a 5m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

Y a 5m de profundidad, *D. caudata* fue observada en tres estaciones de muestro (Tárcoles, Caldera y Isla Pajarita) entre junio y agosto, todas con la misma concentración celular (50 células/L) (Figura 12).

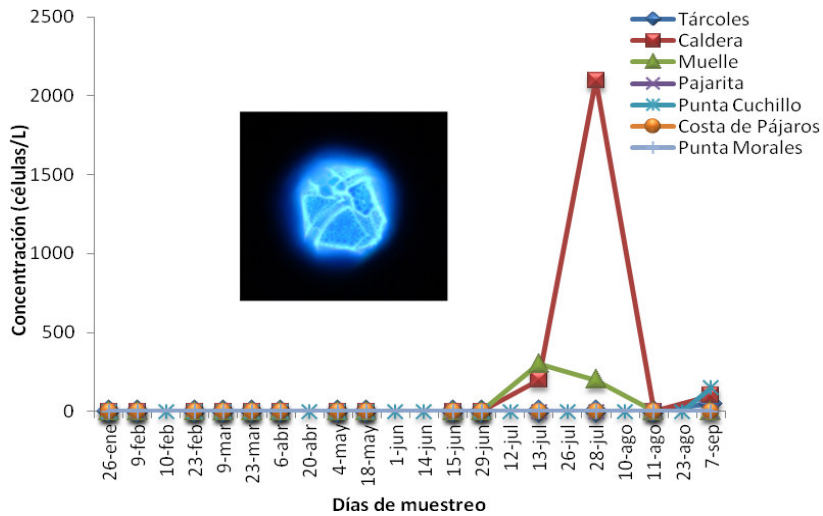


Figura 13. Concentración (células/L) del dinoflagelado productor de toxinas diarreas *Lingulodinium polyedrum* a 1m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

A 1m de profundidad, la concentración máxima de *L. polyedrum* se observó en julio con 2100 células/L, en la estación de Caldera (Figura 13).

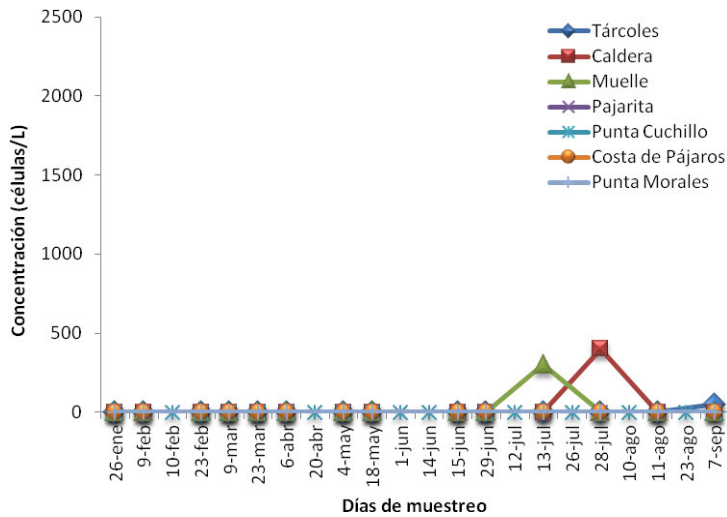


Figura 14. Concentración (células/L) del dinoflagelado productor de toxinas diarreas *L. polyedrum* a 5m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

A los 5m de profundidad *L. polyedrum* fue visto únicamente en tres estaciones (Muelle, Caldera, Tárcoles) en julio y setiembre. La concentración máxima se obtuvo en Caldera con 400 células/L (Figura 14).

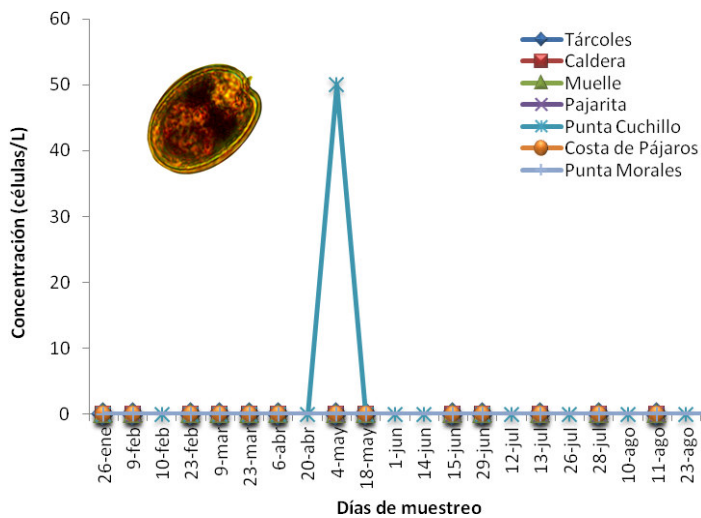


Figura 15. Concentración (células/L) del dinoflagelado productor de toxinas diarreicas *Prorocentrum mexicanum* a 5m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

El presente año, el dinoflagelado tóxico *P. mexicanum* se observó únicamente en mayo (50 células/L), en la estación de Punta Cuchillo a los 5m de profundidad (Figura 15).

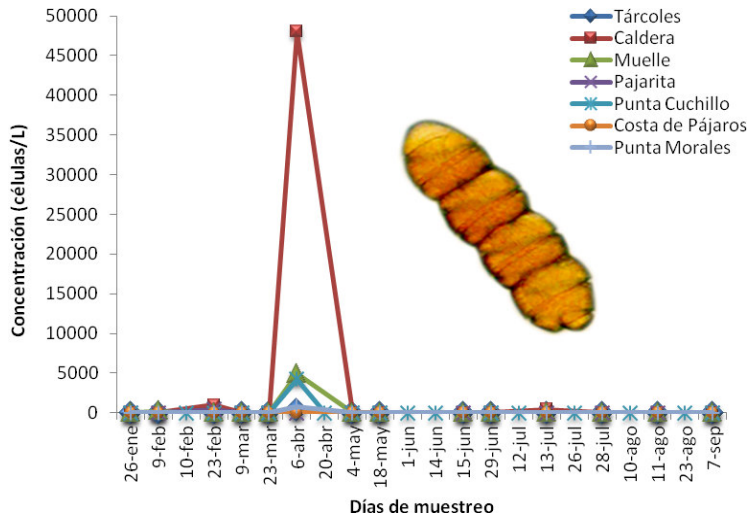


Figura 16. Concentración (células/L) del dinoflagelado nocivo *Cochlodinium cf. catenatum* a 1m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

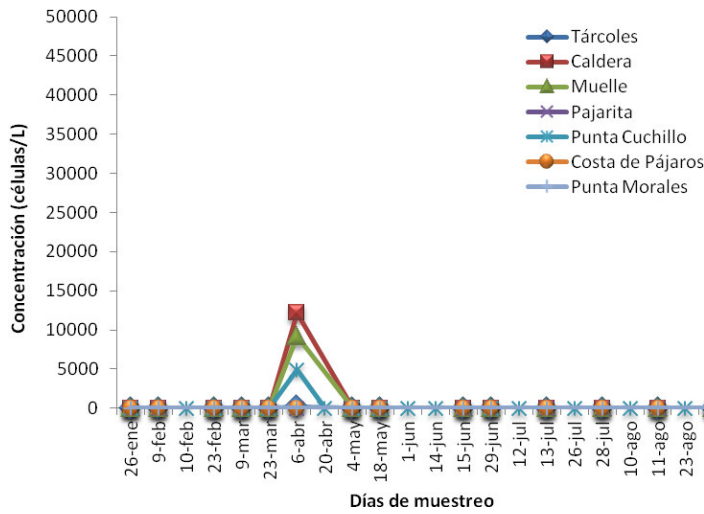


Figura 17. Concentración (células/L) del dinoflagelado nocivo *C. cf. catenatum* a 5m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

Las concentraciones máximas de *C. cf. catenatum* a 1m y 5m de profundidad fueron observadas en Caldera durante abril, con una concentración de 48000 células/L y 12200 células/L respectivamente (Figura 16 y 17).

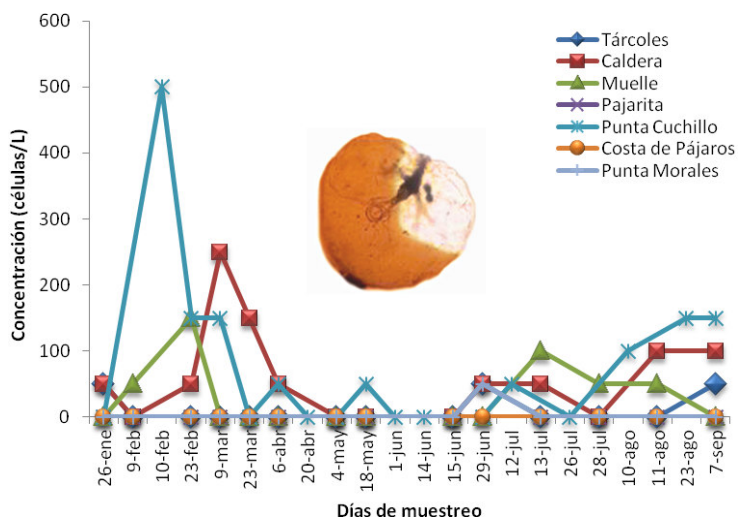


Figura 18. Concentración (células/L) del dinoflagelado nocivo *Noctiluca scintillans* a 1m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

La concentración máxima de *N. scintillans* (500 células/L) a 1m de profundidad se observó durante febrero en Punta Cuchillo (Figura 18).

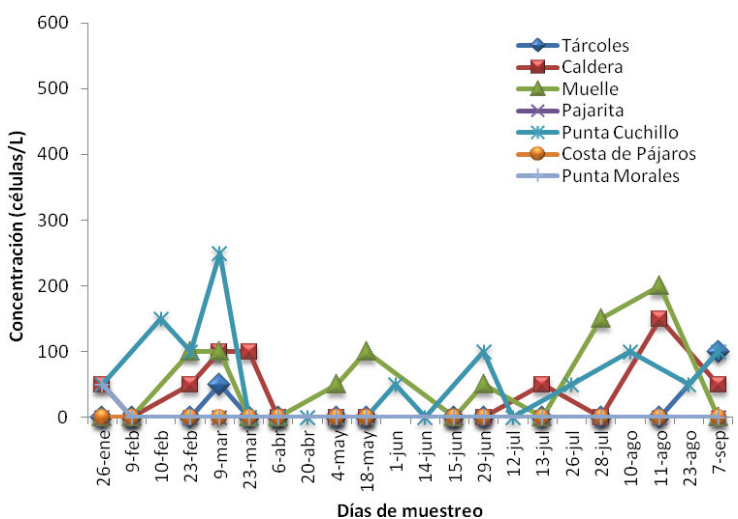


Figura 19. Concentración (células/L) del dinoflagelado nocivo *N. scintillans* a 5m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

A los 5m de profundidad la concentración máxima de *N. scintillans* fue de 250 células/L en Punta Cuchillo, en marzo (Figura 19).

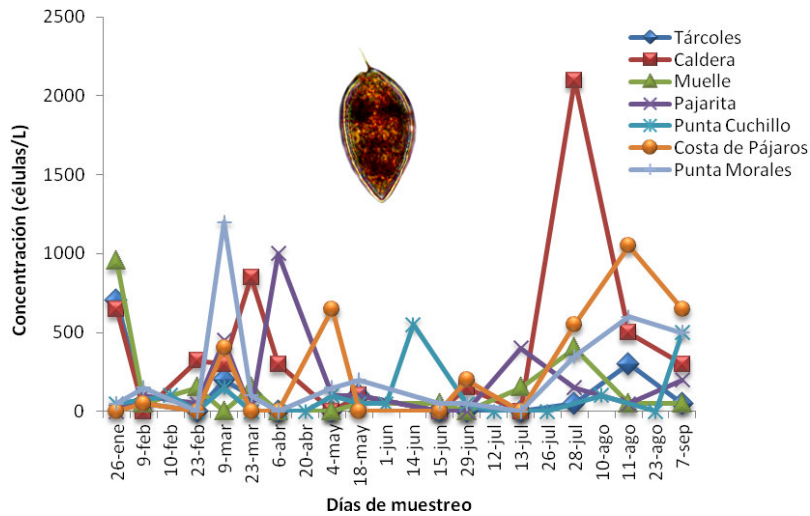


Figura 20. Concentración (células/L) del dinoflagelado nocivo *Procentrum micans* a 1m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

P. micans es un dinoflagelado que ha aparecido con frecuencia durante el año en concentraciones menores a las 1200 células/L, exceptuando julio donde apareció con la concentración más alta del año (2100 células/L) a 1m de profundidad, en Caldera (Figura 20).

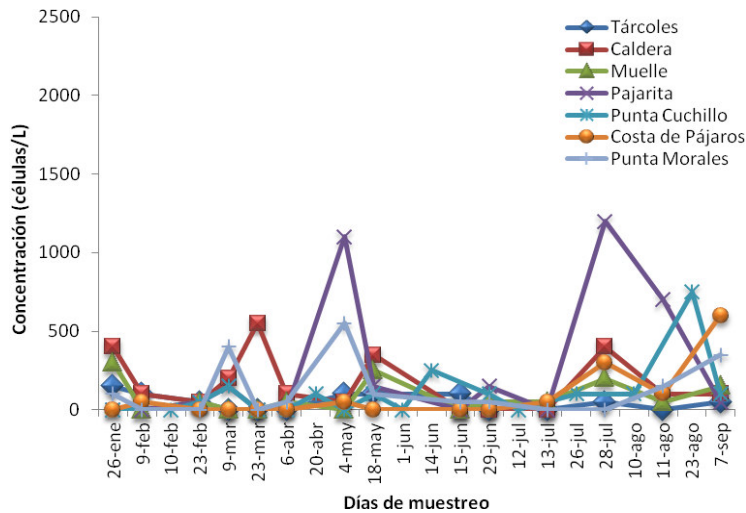


Figura 21. Concentración (células/L) del dinoflagelado nocivo *P. micans* a 5m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

A los 5 m de profundidad Isla Pajarita ha sido la estación con las concentraciones más altas de *P. micans* en dos meses distintos. Uno en mayo (1100 células/L) y otro en junio (1200 células/L) (Figura 21).

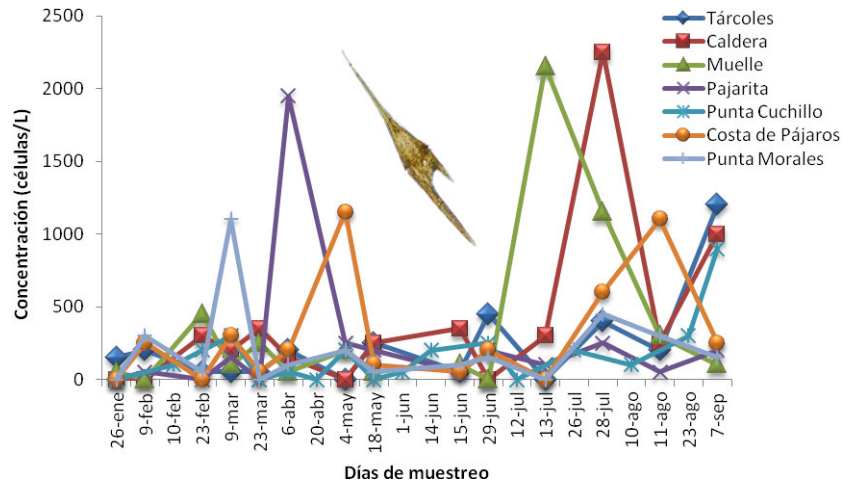


Figura 22. Concentración (células/L) del dinoflagelado nocivo *Ceratium furca* a 1m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

C. furca es otro de los dinoflagelados que aparece con bastante frecuencia en todo el periodo. Su concentración máxima a 1m de profundidad se observó en julio, en el Muelle de Puntarenas y en Caldera (2150 células/L y 2250 células/L respectivamente) (Figura 22).

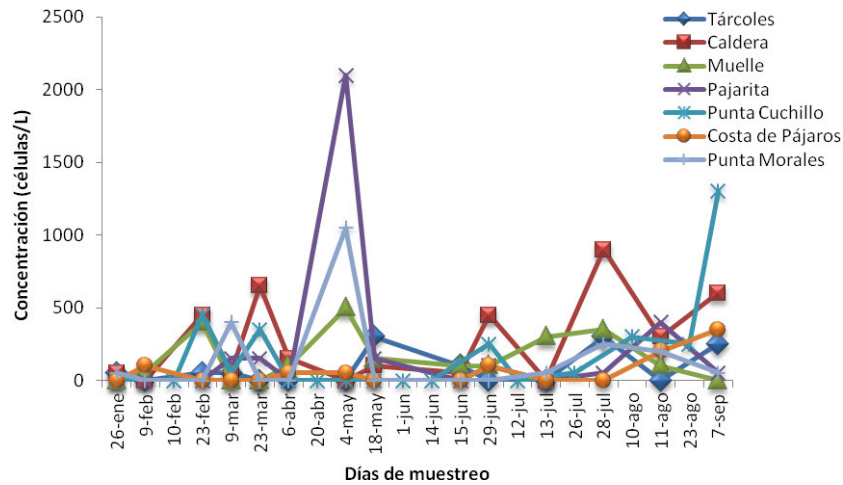


Figura 23. Concentración (células/L) del dinoflagelado nocivo *C. furca* a 5m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

A 5 metros de profundidad la concentración más alta para *C. furca*, se pudo observar en mayo en la estación de Isla Pajarita (2100 células/L) (Figura 23).

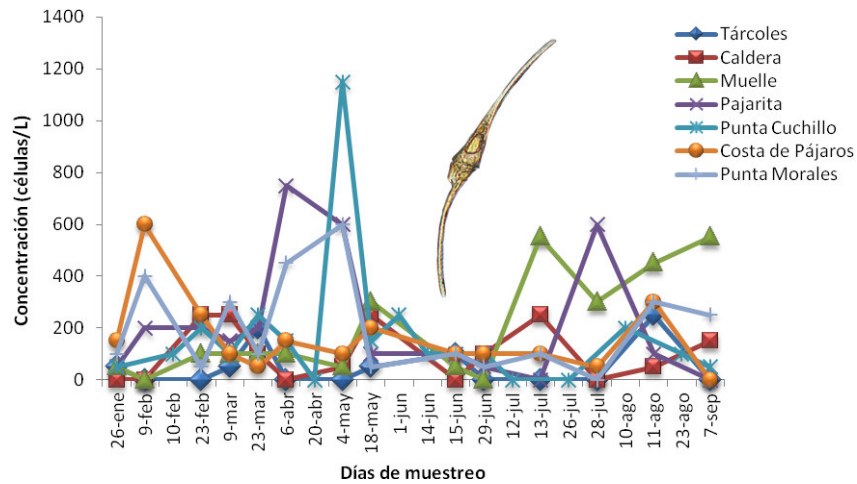


Figura 24. Concentración (células/L) del dinoflagelado nocivo *Ceratium fusus* a 1m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

Los conteos de *C. fusus* indican que la máxima concentración de esta especie a 1m de profundidad, ocurrió en julio con una concentración de 2200 células /L (Figura 24). Este dinoflagelado se observa con frecuencia.

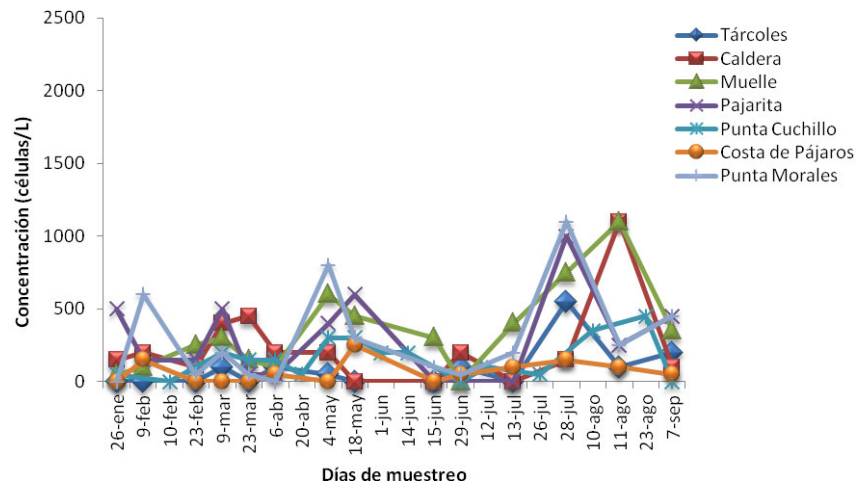


Figura 25. Concentración (células/L) del dinoflagelado nocivo *C. fusus* a 5m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

A 5 metros de profundidad la concentración máxima de *C. fusus* fue de 1100 células/L en Caldera y el Muelle de Puntarenas a inicios de agosto (Figura 25).

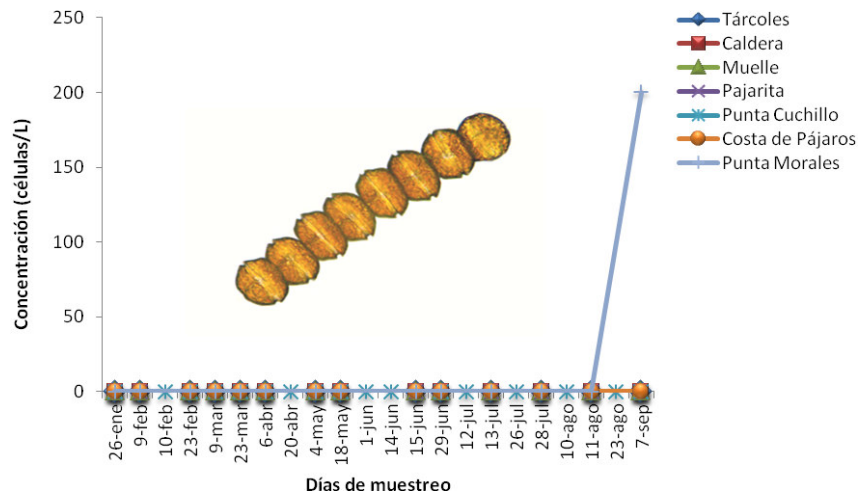


Figura 26. Concentración (células/L) del dinoflagelado nocivo *Alexandrium monilatum* a 5m de profundidad para el período enero-setiembre de 2011. Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

A. monilatum no se había observado en el año 2011 hasta el muestreo del 7 de setiembre a los 5m de profundidad. Este fue observado en Punta Morales con una concentración de 200 células/L (Figura 26).

2.4. Interpretación del indicador.

La Comisión Interinstitucional para la Prevención y Control de la Marea Roja en Costa Rica estableció las medidas preventivas a tomar de acuerdo a las concentraciones celulares de dos especies de dinoflagelados tóxicos (*P. bahamense var compressa* y *G. catenatum*), de los cuales ya se ha confirmado que producen toxinas paralizantes en el Golfo de Nicoya (Cuadro 1). Con las otras especies de microalgas nocivas que se han identificado en el Golfo, la Comisión no ha establecido un rango límite de células por litro para éstas que indiquen algún peligro potencial para la salud humana, los organismos marinos y los sistemas productivos. En el Laboratorio de Fitoplancton Marino se están estableciendo esos rangos para luego llevarle la propuesta y recomendaciones a la Comisión para que se adopten a nivel nacional.

Cuadro 1. Frecuencia de los análisis en las muestras de agua y carne de moluscos, según la concentración (células/L) de los dinoflagelados *Pyrodinium bahamense var compressa* y *Gymnodinium catenatum* y las medidas preventivas recomendadas.

Concentración (células/L)	Análisis de agua	Análisis de carne	Medida preventiva
<i>Pyrodinium bahamense var. compressa</i>			
≤ 200	Bimensual	Mensual a bimensual	Alerta verde
>200 ≤ 2000	Semanal	Positivo, semanal	Alerta amarilla a roja
>2000	Semanal o más frecuente	Positivo, semanal	Veda
<i>Gymnodinium catenatum</i>			
≤1000	Bimensual	Mensual a bimensual	Alerta verde
>1000 ≤ 2000	Semanal	Positivo, semanal o más frecuente	Alerta amarilla a roja
>10000	Semanal o más frecuente	Positivo, semanal o más frecuente	Veda

Tomado de: Comisión Interinstitucional para la Prevención y Control de la Marea Roja en Costa Rica. 2010.

Cuando se detectan concentraciones de *P. bahamense var. compressa*, mayores a las 200 células/L, se da alerta amarilla o roja y se aumenta la frecuencia de los muestreos. Pasan de ser muestreos bimensuales a semanales. Si las concentraciones siguen aumentando y son mayores a las 2000 células/L y la concentración de toxinas paralizantes en las muestras de carne de moluscos es mayor a 400 UR/100 g de carne, se declara la veda para la extracción y comercialización de los moluscos bivalvos correspondientes.

Con *G. catenatum* la alerta amarilla o roja es declarada cuando llega a concentraciones mayores a 1000 células/L y de igual forma los muestreos se empiezan a hacer una vez a la semana. Si las concentraciones llegan a ser mayores a las 10000 células/L y la concentración de toxinas paralizantes en las muestras de carne de moluscos es mayor a

400 UR/100 g de carne se declara la veda para la extracción y comercialización de los moluscos bivalvos correspondientes.

Otras naciones ya tienen medidas establecidas para las especies que proliferan en sus costas. Por ejemplo, Andersen (1996) explica que en la mayoría de los países cuando los dinoflagelados del género *Dinophysis* se observan en concentraciones de 10² células/L hasta 10³ células/L, es cuando aplican las restricciones necesarias. Ya que sólo se ocupa una concentración de 100-900 células/L para provocar síntomas diarreicos (Sellner & Doucette 2003).

En Dinamarca, cuando hay concentraciones de *D. rotundata* mayores o iguales a 1000 células/L, intensifican el monitoreo y cierran las áreas dedicadas al cultivo.

Con respecto a *C. cf. catenatum*, la máxima concentración registrada a nivel mundial es de 8x10⁷ células/L en el Golfo de Nicoya (Hargrave y Viquez 1981 y Cortés *et al.* 2004). En el 2007 se presentó otra floración con una concentración máxima de 7.5x10⁷ células/L en la bahía de Caldera (9°55'06.3" N y 84°43'22.8" W) con una duración de 57 días, provocando daños muy severos al turismo, la maricultura, las pesquerías, así como, mortalidad de peces (Calvo *et al.* en preparación).

En las costas de Corea, se considera que concentraciones de 10⁶ células/L de *Cochlodinium spp* son letales, en especial para las áreas con cultivo de peces (Cortés-Lara 2004).

En Australia han hecho estudios sobre *T. erythraeum* en cultivos de ostra perla, y descubrieron que con concentraciones de 10⁵ células/mL de las ostras no mueren pero empieza a verse afectadas (Negri *et al.* 2004).

Alonso-Rodríguez *et al.* (2004) nombra eventos ocasionados por microalgas productoras de FANs en cultivos de camarón en diferentes países del mundo. La cianobacteria *T. erythraeum* ha formado floraciones en Vietnam, causando la mortalidad del cultivo al llegar a concentraciones de 300-500 millones de células/L debido a su toxicidad. En el Golfo de Guayaquil en Ecuador, *G. instriatum* provocó la mortalidad de los cultivos por generar condiciones de anoxia. Una concentración de 34 millones de células/L de *P. minimum* en Sinaola, México, ocasionó fertilización consecutiva y adición de ácidos húmicos en estanques causando un 80% de mortalidad.

Además de nombrar floraciones en cultivos de camarón, Alonso-Rodríguez menciona FANs producidos en las costas del Sur de Baja California. Por ejemplo, *Noctiluca scintillans* ha provocado mortalidad en nudibrancios de Bahía de la Paz, Bahía Concepción y Bahía Magdalena, al aumentar a concentraciones de 40-3700 células/mL. Y en concentraciones de 464-3000 células/mL causó niveles altos de amonio. *P. mexicanum* ha producido toxinas hemolíticas y de acción rápida en Bahía Concepción a concentraciones de 808 células/mL. Y *Dinophysis caudata* ha producido niveles de DSP tóxicos en concentraciones de 95.5 células/mL (Alonso-Rodríguez *et al.* 2004).

En respuesta a las concentraciones observadas durante los monitoreos rutinarios en el Golfo de Nicoya, se reportaron alertas a la Comisión en varios periodos del año, recomendándole a ésta y a los sistemas de producción tomar las medidas preventivas correspondientes:

- 9 de febrero: se recomendó a la Comisión recolectar muestras de moluscos bivalvos en Tárcoles y Caldera para realizar los análisis toxicológicos correspondientes, debido a la alta concentración de *G. catenatum* que se observó en las muestras de agua.
- 16 de febrero: se declaró una situación de emergencia en Punta Cuchillo, dadas las concentraciones en las cuales estaba *G. catenatum* y se recomendó no vender el producto (ostra japonesa) hasta que se tuvieran los resultados de los análisis toxicológicos y recolectar más muestras de agua y carne.
- 18 de febrero se realizó un muestreo extraordinario para darle seguimiento a la concentración de *G. catenatum* en Punta Cuchillo, afortunadamente no se observó en las muestras. Para este caso se recomendó seguir tomando muestras de agua y no vender producto hasta que se tuvieran los resultados de los análisis toxicológicos.
- 23 de febrero: los valores de *G. catenatum* volvieron a ser elevados en Caldera, Muelle de Puntarenas y Punta Cuchillo, por este motivo se solicitó recolectar muestras de agua y carne de la ostra japonesa.
- 6 de abril: se solicitaron muestras de carne de moluscos bivalvos de Caldera dadas las concentraciones altas de *G. catenatum*. Además, se observaron concentraciones muy elevadas de *C. cf catenatum*, en varias áreas del Golfo por lo que se recomendó monitorear el oxígeno en la columna de agua en los sistemas productivos (cultivo peces y moluscos).
- 29 de junio se solicitaron muestras de carne de moluscos bivalvos de Caldera por las concentraciones altas de *G. catenatum*.
- 27 y 28 de julio se recomendó mantenerse alerta en Tárcoles, Caldera y Muelle de Puntarenas dadas las altas concentraciones de *G. catenatum*.

2.5. Bibliografía

- Alonso-Rodríguez, R., Páez-Osuna, F., Gárate-Lizárraga, I. 2004. El fitoplancton en la camaronicultura y larvicultura: Importancia de un buen manejo. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México y el Comité de Sanidad Acuícola de Sinaloa. Mexico. 147 pp.
- Andersen P. 1996. Design and Implementation of some Harmful Algal Monitoring Systems. Paris. IOC-UNESCO (IOC Technical Series, 44.).
- Anderson D.M., Andersen P., Bricej V.M., Cullen J.J. & Rensel J.E. 2001. Monitoring and Management Strategies for Harmful Algal Blooms in Coastal Waters. Singapore. 268 pp.
- Blackburn S.I., Hallegraeff G.M. & Bolch C.J. 1989. Vegetative Reproduction and Sexual Life Cycle of the Toxic Dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* from Tasmania, Australia. J. Phycol. 25: 577-590.
- Calvo E. 2002. Factores Bióticos y Abióticos Relacionados con la Distribución del Dinoflagelado Tóxico *Pyrodinium bahamense var. compressum* (Plate 1906) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Heredia, Costa Rica. 55 pp.
- Comisión Interinstitucional para la Prevención y Control de la Marea Roja en Costa Rica. 2010. Programa de Vigilancia para la Prevención de los Efectos de las Floraciones Algales Nocivas (FANs) para el Litoral Pacífico Costarricense. San José, Costa Rica. 42 pp.
- Cortés R. & Páez F. 1998. Dinámica de las mareas rojas. En: Cortés, R. (Ed.). Las Mareas Rojas. A.G.T. EDITOR. México. 1-11.
- Cortés-Lara M., Cortés-Altamirano R. & Sierra-Beltran A.P. 2004. Presencia de *Cochlodinium catenatum* (Gymnodiniales: Gymnodiniaceae) en mareas rojas de Bahía Banderas, Pacífico mexicano. Rev. Biol. Trop. 52(Suppl. 1): 35-49.
- Hallegraeff G.M. 2004. Harmful algal blooms: a global overview. In: Hallegraeff G.M., Anderson D.M. and Cembella A.D. (Eds). Manual on Harmful Marine Microalgae. UNESCO. France. 25-49.
- Hargraves P. & Viquez R. 1981. The Dinoflagellate Red Tide in Golfo de Nicoya, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 29(1): 31-38.
- Okaichi, T. 2003. Red-Tide Phenomena. In: Red Tide. Okaichi, T. (Ed.). Ocean Science Research, Volume 4. TERRAPUB / Kluwer. Tokyo, Japan. 439pp.
- Mata L., Abarca G. Marranghello L. & Viquez R. 1990. Intoxicación Paralítica por Mariscos (IPM) por *Spondylus calcifer* contaminado con *Pyrodinium bahamense*, Costa Rica, 1989-1990. Rev. Biol. Trop. 38(1): 129-136.

- Muñoz L. 1998. Intoxicación en humanos. En: Cortés Altamirano R. (Ed). Las Mareas Rojas. AGT EDITOR. México. 89-93.
- Negri A.P., Bunter O., Jones B., Llewellyn, L. 2004. Effects of the bloom-forming alga *Trichodesmium erythraeum* on the pearl oyster *Pinctada maxima*. *Aquaculture* 232: 91-102.
- Reguera B. 2002. Establecimiento de un programa de seguimiento de microalgas tóxicas. En: Sar, E.A., Ferrario, M.E., Reguera, B. (Eds). Floraciones algales nocivas en el Cono Sur Americano. Instituto Nacional de Oceanografía. Madrid, España. 21-56.
- Salgado M.C. 1994. Estudios de determinación y síntesis de biotoxinas P.S.P. en moluscos tóxicos de las Rías Gallegas. Consellería de Sanidade e Servicos Sociais. Dirección Xeral de Saúde Pública. Xunta de Galicia, España. 242 pp.
- Secretaría de Salud. 2005. Instrucción de Trabajo para el Muestreo de Fitoplancton y Detección de Biotoxinas Marinas. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. México. 21 pp.
- Sellner K.G. & Doucette G.J. 2003. Harmful algal blooms: causes, impacts and detection. *J Ind Microbiol Biotechnol* 30: 383-406
- Viquez R. 1999. Floraciones Algales Potencialmente Nocivas y la Acumulación de las Esporas en el Golfo de Nicoya. Manuscrito. Estación de Biología Marina, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional. 5 pp.
- Viquez R. & Hargraves P. 1995. Annual cycle of potentially harmful dinoflagellates in the Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Bulletin of Marine Science* 57(2): 467-475.